



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

ČERPACÍ STANICE NA STOKOVÉ SÍTI

PUMP STATIONS ON SEWERAGE NETWORK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Markéta Rössová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2017



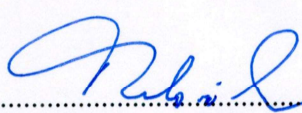
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

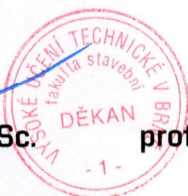
STUDIJNÍ PROGRAM	B3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
PRACOVISŤE	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STUDENT	Markéta Rössová
NÁZEV	Čerpací stanice na stokové síti
VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ	30. 11. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016


doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu




prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] SUREK, Dominiker. Pumpen für Abwasser- und Kläranlagen. Springer Verlag, 2014. ISBN 978-3-658-02960-9.
- [2] Editor: JONES, Garr, SANKS, Robert, TCHOBANOGLOUS, George. Pumping Station Design, 3rd Edition. Elsevier Science & Technology, 2008. ISBN-13: 9781856175135.
- [3] BERÁNEK, Josef, PRAX, Petr. Navrhování tlakové kanalizace. NOEL 2000, ISBN 80-86020-08-8.
- [4] Pasportizační podklady pro vybranou oblast zdravotně-technické infrastruktury.
- [5] NOVÁK, Josef. Příručka provozovatele stokové sítě. Líbeznice u Prahy: Medim, c2003. ISBN 80-238-9947-3.
- [6] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.
- [7] Periodika Vodní stavitelství, Sovak.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Student v rámci práce provede rešerši v zásadách při navrhování čerpacích stanic, kalových čerpadel a armatur na stokové síti pro gravitační i tlakové odkanalizování.

Pro obec nacházející se na jižní Moravě student provede vyhodnocení provozu čerpacích stanic v několika kategoriích (srovnání reálných dat s PD, přepočet požadovaných objemů ČS, výčet poruch na síti, časté provozní problémy, provozní náklady a další).

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT A KLÍČOVÁ SLOVA

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na čerpací stanice na stokové síti. V teoretické části je popsáno stavební řešení a strojní vybavení čerpacích stanic. Dále je řešen návrh objemů a strojního vybavení čerpacích stanic. V praktické části jsou vyhodnoceny dvě provozované čerpací stanice v obcích Dolní Lhota a Velenov. V závěru praktické části je vyhodnocen objem a provoz čerpacích stanic v těchto obcích.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čerpací stanice, čerpadlo, potrubí, odpadní voda

ABSTRACT

Bachelor thesis is focused on pumping stations on sewer network. In the theoretical part is described the construction solution and machinery equipment of pumping stations. The design of volumes and machinery of pumping stations is also solved. In the practical part are evaluated the two operated pumping stations in the municipalities of Dolní Lhota and Velenov. At the conclusion of the practical part is evaluated the volume and operation of pumping stations in these municipalities.

KEYWORDS

Pumping station, pump, pipeline, waste water

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Markéta Rössová *Čerpací stanice na stokové síti*. Brno, 2017. 62 s.

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2017

Markéta Rössová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petrovi Hlušíkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a odbornou pomoc při vytváření této bakalářské práce.

Markéta Rössová
autor práce

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	ČERPACÍ STANICE	10
2.1	Důvody pro zřizování čerpací stanice	11
2.2	Stavební řešení čerpací stanice	11
2.2.1	Umístění.....	12
2.2.2	Uzávěr na přítoku	12
2.2.3	Teplota v čerpací stanici	12
2.2.4	Zemnění	12
2.2.5	Vrchní stavba	12
2.2.6	Materiál.....	12
2.2.7	Mokrá (sací) jímka.....	12
2.2.8	Suchá jímka	13
2.2.9	Pachové biofiltry.....	13
2.3	Strojní vybavení čerpací stanice	14
2.3.1	Potrubí v čerpací stanici.....	14
2.3.2	Armatury v čerpací stanici	15
2.3.3	Měřicí zařízení	16
2.3.4	Čerpadla.....	17
2.3.5	Čerpací stanice odpadních vod se systémem separace pevných látek	19
3	NÁVRH ČERPACÍ STANICE.....	21
3.1	Návrh objemů čerpací stanice.....	21
3.1.1	Provozní objem.....	21
3.1.2	Havarijní objem	22
3.1.3	Celkový objem.....	22
3.2	Návrh strojního vybavení čerpací stanice	22
3.2.1	Čerpadlo.....	23
3.2.2	Potrubí	27
3.2.3	Armatury	29
3.2.4	Zdvihací zařízení	29
3.2.5	Elektroinstalace.....	29
3.3	Regulace.....	30
4	PRAKTICKÁ ČÁST	31
4.1	Čerpací stanice v obci Dolní Lhota.....	31
4.1.1	Stávající stav stokové sítě v obci	32
4.1.2	Popis čerpací stanice.....	32
4.1.3	Provoz čerpací stanice	35
4.1.4	Vyhodnocení čerpací stanice	37
4.2	Čerpací stanice v obci Velenov	41
4.2.1	Stávající stav stokové sítě v obci	41
4.2.2	Popis čerpací stanice.....	42
4.2.3	Vyhodnocení čerpací stanice	48

5	ZÁVĚR	53
6	POUŽITÁ LITERATURA.....	54
	SEZNAM TABULEK	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM GRAFŮ.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	60
	SUMMARY	62

1 ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřena na konkrétní objekt na stokové síti, kterým je čerpací stanice pro dopravu odpadních vod. Čerpací stanice je objekt, do kterého přitéká odpadní voda ze stokové sítě a poté ji čerpá do výše položené kanalizace. Jsou významným objektem pro městské odvodnění v obcích, kde není možné dodržet spád kanalizace gravitačně. Čerpací stanice se používají i na čistírnách odpadních vod k čerpání odpadní vody do objektů procesu čištění odpadní vody. Bakalářská práce je rozdělena na dvě části.

V teoretické části je popsán objekt čerpací stanice. Kde se budují, z jakých důvodů a co je třeba při jejich návrhu respektovat, rozdělení stavebního řešení a strojního vybavení čerpacích stanic. Na jaké stokové síti se budují, jestli gravitačním nebo tlakovém či podtlakovém systému. Do strojního vybavení patří nejen čerpadla, ale i výtlačné a sací potrubí, uzavírací armatury jako je šoupátko, zpětné armatury například zpětná klapka nebo zpětný kulový ventil a měřicí zařízení pro měření úrovně hladiny, průtoku nebo tlaku ve výtlačném potrubí. Dále je popsán postup stanovení objemu čerpací stanice dle českých norem, který se skládá ze dvou dílčích objemů, a to provozního a havarijního objemu. Postup návrhu čerpadla a sacího a výtlačného potrubí.

V praktické části je provedeno vyhodnocení čerpacích stanic v obcích Dolní Lhota a Velenov. Je popsáno, jak jsou čerpací stanice řešeny, jaký používají čerpací systém, kde jsou umístěny a kam dopravují čerpanou odpadní vodu. Vyhodnocení spočívá ve stanovení objemu čerpací stanice, ročních provozních nákladů, určení čerpaného množství dle časové řady a posouzení provozu čerpací stanice.

2 ČERPACÍ STANICE

Čerpací stanice (dále jen ČS) je obecně stavební objekt, vybavený technologickým vybavením na čerpání vody. Její řešení vychází z odlišnosti parametrů (dopravní výška a průtok) a režimů provozování. ČS je výrazně poznamenána fyzikálními a chemickými vlastnostmi čerpaného media, kterým je voda s odlišným charakterem a stupněm znečištění. [7]

V systémech městského odvodnění se ČS objevují, v části čistíren odpadních vod (dále jen ČOV), i v části stokové sítě. [1]

ČS jsou uzavřené jímky, osazené čerpadlem s přípojovací armaturou, které slouží k přečerpávání splaškových vod do obecního vedení tlakové kanalizace nebo do výše položené gravitační kanalizace. [2]

V závislosti na použití jsou k dispozici dva typy ČS:

- Tlaková přečerpávací stanice – ČS k přečerpání odpadních vod do hlavního řadu tlakové kanalizace;
- Gravitační přečerpávací stanice – ČS pro přečerpání odpadních vod do gravitační/spádové kanalizace (nebo do výše položených jímek). [2]

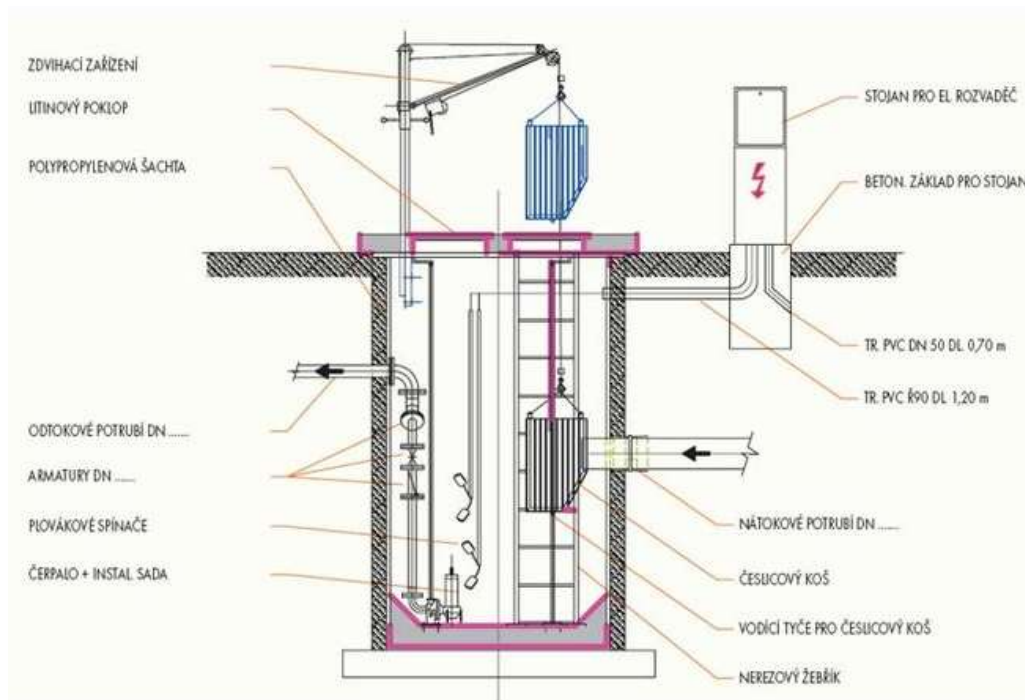
ČS splaškových vod jsou určeny k čerpání mechanicky, chemicky a biologicky silně znečištěných odpadních vod. Složení odpadních vod a koncentrace nečistot v ní obsažených kolísá během dne i v průběhu roku. Může se jednat o raionové stanice k lokálnímu přečerpávání odpadních vod v kanalizační síti a o hlavní ČS přečerpávající znečištěnou vodu z kanalizační stoky do čistící stanice odpadních vod. [7]

Odpadní vody jsou přiváděny do jímky, která svým akumulačním objemem vyrovnává rozdíly mezi okamžitým přítokem a čerpaným množstvím. Řízení výkonu ČS je odvislé od složení a množství přečerpávaných odpadních vod. Proměnlivost čerpaného množství odpadních vod a rychlý rozklad organických materiálů v nich obsažených vede k používání většího počtu menších čerpadel s relativně nízkou dopravní výškou a krátkodobým přerušovaným provozem. Nebezpečí ucpávání a usazování nečistot nesených čerpanou odpadní vodou vyžaduje řešení přístupnosti, možnosti čištění a rozrušování usazenin. [7]

Dle ČSN 75 6560 Čerpací stanice odpadních vod na kanalizační síti je třeba při navrhování a projektování ČS odpadních vod respektovat následující hlediska:

- Celkové náklady;
- Spotřeba energie;
- Požadavky obsluhy a údržby;
- Rizika poruch a jejich účinky;
- Ochrana zdraví a bezpečnosti veřejnosti a pracovníků obsluhy;
- Ovlivňování životního prostředí;
- Jakost odpadních vod, které mohou – být agresivní, toxické, způsobovat korozi či obrus; vykazovat vysoký podíl pevných látek spojených se zvýšeným nebezpečím ucpávání; způsobovat potenciál nebezpečí výbuchu. [18]

Na Obr. 2.1. je řez možného provedení ČS v mokré jímce, vtokovým česlicovým košem a dalším zařízením.



Obr. 2.1. Čerpací stanice odpadních vod v kanalizační síti [12]

2.1 DŮVODY PRO ZŘIZOVÁNÍ ČERPACÍ STANICE

ČS se na stokové síti budují především z těchto důvodů:

- Odpadní vody je třeba převést přes rozvodnici do povodí, ve kterém je ČOV, případně recipient;
- Při rozšiřování gravitační sítě není možno zaústit nově koncipované stoky do stávající kanalizace;
- Překonávání překážek na trase, alternativa oproti řešení shybkou;
- Krytí kmenových stok narůstá nad hospodárnou míru, je vhodnější vřadit ČS. [1]

U jednotné soustavy mohou být použity ČS v návaznosti na dešťové oddělovače a dešťové nádrže pro zachycení „první vlny“ dešťového průtoku. Čerpání plného dešťového průtoku by mělo být výjimečné. U oddílné soustavy slouží ČS pro převod prvních splachů z dešťové do splaškové soustavy. [8]

ČS odpadních vod jsou většinou vystrojovány odstředivými čerpadly. Kromě výjimečných způsobů čerpání se uplatňují (u menších výkonů) hydrostatická čerpadla vřetenová. [1]

2.2 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ ČERPACÍ STANICE

Jde o část podzemní a část nadzemní (zejména u větších ČS). Podzemní část může být členěná na mokrou (sací) a suchou jímku. V suché jímce jsou osazena čerpadla a část trubních rozvodů, nebo v mokré jímce ve které jsou osazena ponorná čerpadla. V nadzemní části bývá umístěna rozvodna, případně strojovna vzduchotechniky, místnost obsluhy a sklad. Jsou zde

vyvedeny měřicí a ovládací prvky slaboproudého vybavení. Pokud není nadzemní část vytvořena, je elektroinstalace vyvedena do rozvodné skříňe, umístěné v pilíři nebo v jiném objektu (budově). [8]

2.2.1 Umístění

Pro pohledové odstínění a eliminaci pachů se osvědčily pruhy zeleně o šířce několika metrů. Pro eliminaci pachů je možné použít pachových biofiltrů. [3]

2.2.2 Uzávěr na přítoku

Uzávěr na přítoku do ČS slouží k odstavení sací jímky. Nejvhodnější je použít jako uzávěr kanálové šoupátko (beztělesové – rámové, jednostranně těsnící), které lze umístit v kanalizační šachtě. Umístěné má být tak, aby po uzavření tlak vody dotlačoval srdce do těsnění rámu a dále do konstrukce šachty. [3]

2.2.3 Teplota v čerpací stanici

Teplota v ČS nesmí klesnout pod bod mrazu. Do tepelné bilance je možné započíst teplo vyvozované stroji a přístroji. [8]

2.2.4 Zemnění

Zemnicí zařízení má být dimenzované tak, aby nebylo překročeno zemnicí napětí 50 voltů. Pro dosažení požadovaného přechodového odporu je možno použít základových zemnicích prvků, případně přídatných zemnicích sítí. Budovy čerpacích stanic odpadních vod musí být chráněny proti zásahu blesku. [3]

2.2.5 Vrchní stavba

Vrchní stavba a přístupy do objektu musí být bezpečné proti zaplavení – zejména s ohledem na umístění elektrického zdroje, rezervního zdroje, vzduchotechniky. ČS musí být přístupná za každého počasí. Mokrý jímka a větrací prostory s ní související musí být přístupné zvenčí, dveře se musí otevírat ven (ve směru úniku). Je zakázáno přímé komunikační propojení se suchou jímkou. [3]

2.2.6 Materiál

U podzemní části je požadováno, aby nepropouštěla vodu. Používá se vodostavebný beton, u menších ČS se používají jímky ze sklolaminátu, případně z polyetyleny s vysokou hustotou. Betonové části, které přicházejících do styku se splaškovou vodou musí být vodotěsné a odolné proti chemické korozi (síranové). Ochranou proti chemické agresivitě má být kvalita betonu, teprve v případě velmi agresivního prostředí se použijí nátěry či krycí potahy. [8]

2.2.7 Mokrý (sací) jímka

Má být vyspádovaná (nad 60°), tak aby nevznikaly mrtvé kouty a nedocházelo k usazování. Beton má být opatřen zatahovacím nátěrem. Ve speciálních případech je možno beton potáhnout vrstvou kyselinovzdorné umělé hmoty nebo opatřit keramickým podkladem. Nasávající a výtlačný otvor musí být umístěné tak, aby unikající plyny neohrožily

nebo neobtěžovaly okolní zástavbu. Doporučuje se instalovat ventilátory pevně ve vyčleněném prostoru nadzemní části ČS. Větrání sací jímky musí být účinné jak při prázdné jímce, tak při maximální hladině. [3]

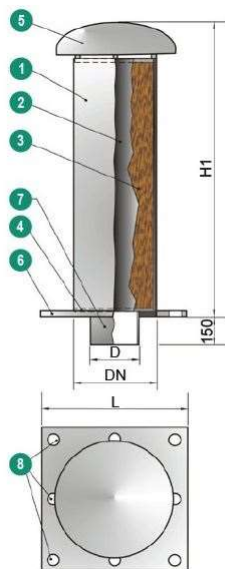
2.2.8 Suchá jímka

V suché jímce jsou umístěna čerpadla a armatury, jeli ČS rozdělena na suchou a mokrou jímku. V jímce je třeba odvést odkapy a ostřikovou vodu, i vodu vyteklou při demontáži části čerpacího systému v nejnižším místě podlahy do jímečky. Nejmenší rozměry jímečky jsou 0,5 x 0,5 m s hloubkou 0,3 m. Tyto vody jsou do sací jímky přečerpávány přenosným lehkým čerpadlem, potrubí tohoto výtlaku nesmí vytvořit násoskovou dispozici. [3]

2.2.9 Pachové biofiltry

Doba životnosti náplně biofiltru se podle podmínek provozu (množství a koncentrace znečištěného vzduchu) pohybuje mezi 3–7 roky. Po uplynutí této doby se může biologická náplň jednoduše zkompostovat a naplnit biofiltr novou náplní. Biofiltry jsou provedené s pasivním provozem a plně automatickým kompaktním provedením. [4]

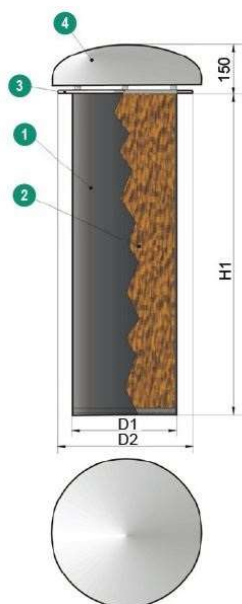
- Pachový biofiltr komínový (Obr. 2.2.) – používá se pro redukci zápachu z šachet, čerpacích stanic a odvětrání prostor s tvorbou odpadních plynů. Nerezový komínek s integrovanou a odnímatelnou biofiltrační patronou z polyetylenu s vysokou hustotou s jednoduchou konstrukcí, dlouhou životností, která je prodloužená výměnou náplně, vysokou účinností a bezúdržbovým provozem. Montuje se nasunutím biofiltru na nasouvací hrdlo nebo ukotvením pomocí silné nerezové destičky, která se přichytí šrouby ($d = 17 \text{ mm}$) k povrchu; [4]



Obr. 2.2. Pachový biofiltr komínový: 1 – odvzdušňovací komínek, 2 – výměnná filtrační patrona, 3 – náplň filtru, 4 – podkladní plocha s těsněním, 5 – snímatelný klobouk, 6 – podkladní destička, 7 – přechod pro nasunutí do hrdla, 8 – vrtání $d = 17 \text{ mm}$ [4]

- Pachový biofiltr násuvný do potrubí (Obr. 2.3.) – používá se pro redukci zápachu z odvzdušňovacích potrubích čerpacích stanic a na místech, kde není možné použít

standardní biofiltr, buď z hlediska prostoru, nebo z hlediska ekonomického. Biofiltr má jednoduchou konstrukci a snadno se instaluje. [4]



Obr. 2.3. Pachový biofiltr násuvný do potrubí: 1 – tělo filtru, 2 – filtrační náplň, 3 – dosedací a uzavírací plocha, 4 – hlavice [4]

2.3 STROJNÍ VYBAVENÍ ČERPACÍ STANICE

V následujících podkapitolách je uvedeno strojní vybavení ČS, mezi které patří sací a výtlačné potrubí, uzavírací a zpětná armatura, zařízení pro měření hladiny a čerpadla.

2.3.1 Potrubí v čerpací stanici

Sací potrubí čerpadel v suché jímce má k čerpadlu stále stoupat. Profil sacího potrubí má odpovídat nejméně profilu sací příruby čerpadla. Na výtlačku je třeba osadit zpětnou armaturu a za ní uzavěr. Uzavěr má být instalován i do sacího potrubí čerpadel v suché jímce. Potrubí má být co možná nejkratší, mírně stoupající směrem k čerpadlu, v určitých případech je výhodné před čerpadlem provést zúžení nebo excentrickou odbočku, musí však být respektována zábrana tvoření vzdušných pytlů. [3, 9]

Výtlačné potrubí má mít napojení odboček na hlavní výtlačk provedeno vždy ve vodorovném směru. Pro případ zatopení suché jímky a selhání čerpadel má být instalován nouzový výtlačk, k němuž by bylo možno napojit přenosné čerpadlo. Obvyklým materiálem pro potrubí v ČS je ocel nebo tvárná litina. Stěny potrubí mají být dimenzovány s přihlédnutím ke korozi, poté není nutná vnitřní ochrana. Potrubí musí být uloženo tak, aby se na čerpadlo nepřenášely žádné síly. Potrubí musí odolávat dlouhodobě vnitřním i vnějším tlakům. [3, 8]

2.3.2 Armatury v čerpací stanici

Mezi armatury používané v ČS patří uzavírací a zpětné armatury. Z uzavíracích armatur to jsou klínová šoupátka, šoupátka s měkkým těsněním a desková šoupátka. Jako zpětné armatury lze použít zpětná klapka nebo zpětný kulový ventil.

Klínová šoupátka (Obr. 2.4.) – přednost mají klínová šoupátka se stoupavým vřetenem (to leží mimo splaškové vody). Těleso má být z tvárné litiny, pro vřeteno je doporučena nerezová ocel, pro vodící drážku a vřetenový závit bronz bez příměsi zinku. Pod vodící drážkou mají šoupátka v tělese prohlubeň. Jsou vhodným uzávěrem z hlediska rázů – čerpadla se rozjíždějí do uzavřeného potrubí, a výtlaky se mohou po vypnutí čerpadla plynule uzavírat. [3]



Obr. 2.4. Klínové šoupátko [13]

Šoupátka s měkkým těsněním (Obr. 2.5.) – mají hladší průtok (chybí výklenek pod dosedem). Pro své menší ztráty bývají umísťovány do sacího potrubí. Srdce je potaženo pružnou těsnicí látkou. Nejsou vhodná k tlakové regulaci. [8]



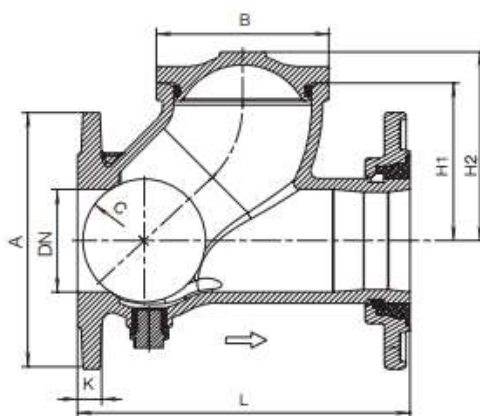
Obr. 2.5. Šoupátko přírubové s měkkým těsněním [14]

Desková šoupátka (Obr. 2.6.) – je možno montovat v libovolné poloze, vřeteno pracuje mimo splašky, těsnění desky je možno lehce vyměnit. Uzávěr je možno používat pro regulaci a má malé stavební délky. [3]



Obr. 2.6. Šoupátka deskové [11]

Zpětné armatury – nesmí se na nich při otevřeném stavu zachycovat pevné látky. Vhodné jsou zpětné klapky. Potíže s nimi mohou nastat u malých rychlostí, které nevyvedou dostatečnou sílu k plnému otevření. V těchto případech je vhodný kulový zpětný uzávěr (Obr. 2.7.). Nevýhodou je zachycování vláken na klapkách a na jejich ose. [3]



Obr. 2.7. Zpětný kulový ventil [11]

2.3.3 Měřicí zařízení

V ČS je nutné měřit úroveň hladiny a průtok odpadní vody a tlak v potrubí. K těmto měřením se používají:

Hladinová čidla – mohou být elektrické snímače tlaku nebo echoloty. [3]

Měření průtoky – pevně zabudované měření je požadováno tam, kde je třeba vyšetřit předně výkon ČS. Průtokoměry na bázi elektromagnetické indukce jsou spolehlivé, nenáročné na údržbu, je možno je cejchovat, vyžadují uvnitř ČS potřebnou délku rovného potrubí pro uklidnění proudu. Ultrazvukové průtokoměry využívají Dopplerova efektu, jsou méně přesné než průtokoměry na bázi elektromagnetické indukce. [3]

Tlaková čidla – pro snímání tlaku v potrubí (výtlaku). Osvědčily se tlakoměry na bázi trubní spirály s jištěním proti přetlaku, tlumičem a přerazeným sloupem čisté vody. Další možností jsou elektrické snímače tlaku, které jsou umístěny přímo na potrubí. [8]

2.3.4 Čerpadla

Čerpadlo je hydraulický stroj z obecné skupiny energetických tekutinových strojů, ve kterém je realizována transformace mechanické energie pohonu čerpadla na energii hydraulickou. [7]

V kanalizačních ČS se uplatňují radiální, diagonální i axiální čerpadla jedno i vícestupňová, různého koncepčního, konstrukčního a hydraulického řešení různých parametrů pokrývající oblastní diagram uplatnění. [7]

V ojedinělých případech může být hospodárné i řešení se dvěma výtlaky, kdy větší DN by mělo sloužit pro čerpání ve špičce (s následným vyprázdněním potrubí) a menší DN pro chod mimo špičku. Je tak řešena otázka unášecích rychlostí při nízkých průtocích, částečně problém s delším zdržením, i problém s neúměrným výkonem, který by bylo nutno nasadit pro čerpání špičky přítoku potrubím malých průměrů. Neměly by být překročeny rychlosti nad $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Při výtlacích delších než 500 metrů by měly být voleny rychlosti odpovídajícím způsobem nižší, aby nevznikaly nepřipustné rázové tlaky například při výpadku čerpadel. [3]

Hydrodynamická čerpadla dominují v oblasti velkých výkonů (v energetice, vodním hospodářství, procesní technice), hydrostatická čerpadla se uplatňují zejména v oblasti velkých tlaků (těžká chemie, lisy, pohony). V čerpací technice se oblasti použití obou typů čerpadel překrývají a pro volbu typu jsou rozhodující často pořizovací a provozní náklady. Spotřeba energie pro pohon souvisí s účinností transformace energie v čerpadle, a to nejen v návrhovém bodě, ale v celém provozním poli výkonů. Z fyzikálního hlediska práce vyplývá, že oba principy čerpání jsou zhruba rovnocenné ve jmenovitém (optimálním) provozním bodě, průběh účinnosti však u hydrodynamických čerpadel rychle klesá na obě strany od jmenovitého výkonu, zatímco účinnost hydrostatického stroje je v široké oblasti výkonů poměrně plochá. [9]

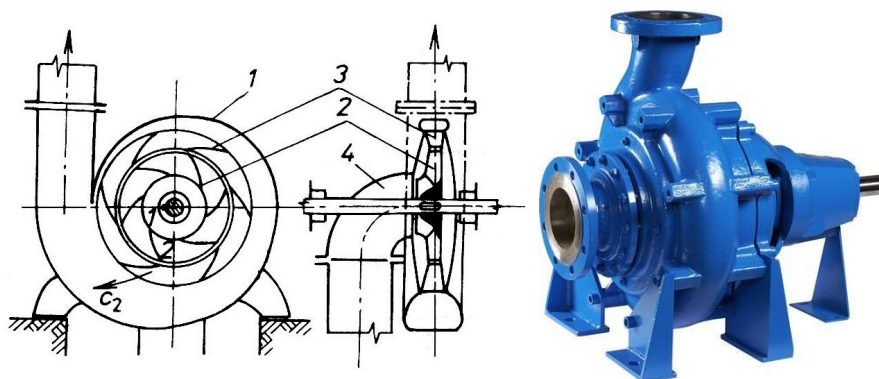
Při výběru typu a velikosti čerpacího zařízení musí být zohledněna požadovaná konstrukční kapacita (jak původní, tak i v budoucnu) včetně dopravní výšky, maximálních, normálních a minimálních průtoků, které mají být čerpány. [5]

Hydrodynamická čerpadla

V hydrodynamických čerpadlech se přenos mechanické energie na čerpanou tekutinu uskutečňuje v lopatkovém oběžném kole, které změnami hybnosti indukují vířivý – rotační pohyb čerpané tekutiny. Mechanická energie je transformována na hydraulickou energii kinetickou a tlakovou. Hydrodynamická čerpadla mají jako pracovní prvek oběžné kolo, představující rotující mříž. Pracovní kanál lopatkové mříže oběžného kola je tvořen dvojicí sousedních lopatek zakřivených v radiálním i axiálním směru. V závislosti na velikosti tohoto zakřivení se mohou transformace energie účastnit ve větší či menší míře i odstředivé síly, proto jsou někdy tato čerpadla označována jako odstředivá. [7]

- Odstředivá čerpadla (Obr. 2.8.) – Jsou umísťována se zápornou sací výškou. Jednakanálová čerpadla se používají pro dopravní výšky do 4 barů, mají stejnou světlou průchodnost od sacího po výtlaký přípoj, zpravidla nižší účinnost než vícekanálová čerpadla a jsou dynamicky nevyvážená. Vhodné jsou otáčky 1 000 za minutu, maximum je 1 450 za minutu. Vícekanálová čerpadla (2–3 kanály) se používají pro dopravní výšky do 10 barů, mají větší dopravní výšky. Průchodnost oběžného kola je rozhodující pro průchodnost čerpadla. Vyvážení čerpadla

je jednoduché, proto je možno použít vyšších otáček, je též snazší uzpůsobení na proměnlivé otáčky; [8]



Obr. 2.8. Schéma jednostupňového odstředivého čerpadla s přiváděčem (vlevo): 1 – spirální skříň, 2 – oběžné kolo, 3 – přiváděč, 4 – sací hrdlo [15], Odstředivé čerpadlo (vpravo) [16]

- Šroubo–odstředivá čerpadla (se šnekovým kanálem) – mají jednolopátkové kolo se šroubovitou vstupní částí. Má klidný běh, a proto může být použito až do otáček 1 450 za minutu. Dopravní výšky má do 6 barů. Čerpadlo s vířivým oběžným kolem (bezkanálové) má dobrou průchodnost. Je možno použít otáček až do 3 000 za minutu. Charakteristika je více plochá a účinnost nižší než u ostatních čerpadel (do 10 barů); [8]
- Kalová čerpadla – v klasické koncepci již jako ponorná kalová čerpadla (Obr. 2.9.). Mají šroubové oběžné kolo, jehož jedna lopatka má malé stoupání a může dopravovat velmi nasycené suspenze i kašovité směsi. K čerpání kalová čerpadla využívají i třecí viskózní síly. Čerpadla jsou umísťována v prostoru s nebezpečím výbuchu. Proto by jako konstrukční materiál neměl být používán hliník ani jeho slitiny. Motor musí být v nejiskřivém provedení. Ponorná kalová čerpadla musí být konstrukčně provedena tak, aby je bylo možno z mokré jímky demontovat, bez nutnosti jejího vyprázdnění, aniž by se musel demontovat spoj na výtlačném hrdle čerpadla. Konstrukce pro demontáž a zpětné osazení čerpadla má být z nerezové oceli. [3, 9]

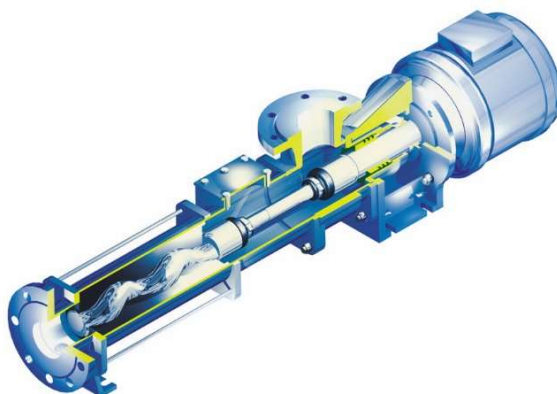


Obr. 2.9. Ponorné kalové čerpadlo [23]

Hydrostatická čerpadla

V hydrostatických čerpadlech se přenos mechanické energie na čerpanou tekutinu uskutečňuje převážně prostřednictvím potenciální energie, při zanedbatelném podílu kinetické energie. Přeměna mechanické energie na hydraulickou probíhá přímo na pístu, který se pohybuje přímočaře vratně nebo rotuje. Jejich příkladem jsou čerpadla pístová, membránové, zubová, vřetenová a další. [7, 9]

- Vřetenová čerpadla (Obr. 2.10.) – pro splaškové vody se používají jednovřetenová čerpadla s oblým závitem rotoru a oblým závitem statoru, a to zejména v systémech tlakové kanalizace, kde bývá výhodou jejich velice strmá Q–H charakteristika. Byla původně vyvinuta pro dopravu vazkých kapalin. Pro dopravu splašků je nutné předřazení česlí, nebo mělníčního zařízení. Je možno s nimi dosáhnout vyšších tlaků při dobrých účinnostech. To si vyžaduje instalaci jistících prvků, aby tlaky ve výtlaku (například při ucpání potrubí) nepřesáhly přípustné vnitřní pracovní tlaky. [8]



Obr. 2.10. Vřetenové čerpadlo [17]

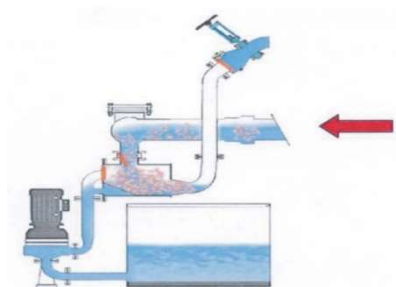
2.3.5 Čerpací stanice odpadních vod se systémem separace pevných látek

ČS odpadních vod s patentovaným systémem separace pevných látek. Objemné podíly pevných materiálů zůstávají na síti, zatím co předčištěné splašky tečou přes čerpadlo do sběrné nádrže. Čerpadlem projde pouze předčištěná odpadní voda. Systém separace je výhodný zejména pro provoz ČS na kanalizačních soustavách, kde jsou čerpány znečištěné odpadní vody, znečištěné vody s vysokým podílem pevných látek, dešťové vody (bez abrazivních částic) a čisté vody. Vlastní agregát zařízení, který tvoří srdce systému separace tuhých látek je sestaven z připojovacích armatur, plynotěsné a vodotěsné nádrže (sběrná nádrž), separátoru pevných částic a čerpadla. [12]

Popis čerpání odpadní vody v systému se separací pevných látek

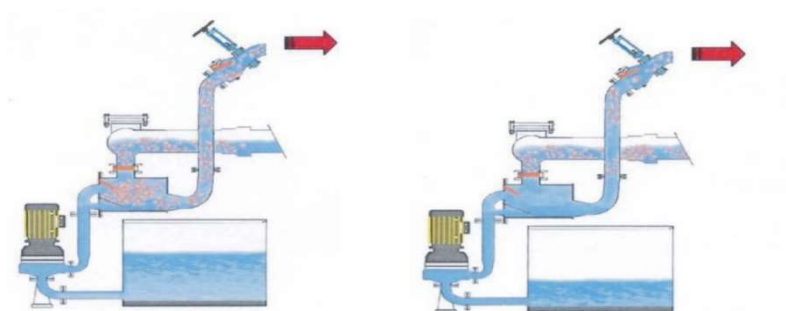
Surová odpadní voda vtéká do separátoru, kde se oddělí pevné látky. Odpadní voda zbavená pevných látek teče přes čerpací agregát do sběrné nádrže. Tam se shromažďuje, dokud není dosaženo přednastavené spínací hladiny. Čerpací agregát se zapne pomocí ovládání a čerpá odpadní vodu bez pevných látek ze sběrné nádrže k výtlakovému potrubí. V důsledku zvýšení tlaku v separátoru pevných látek se samočinně zavře přívodní klapka. Odpadní voda opět sebere pevné látky v separátoru a čerpáním pevných látek do výtlakového

potrubí se separátor pevných látek propláchne. Jakmile je dosaženo minimální hladiny ve sběrné nádrži, čerpací agregát se vypne. Přívodní klapka se samočinně otevře a začne znovu fáze přítoku (Obr. 2.11.). [12]



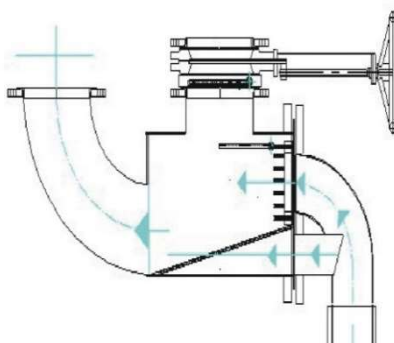
Obr. 2.11. Fáze přítoku [12]

Před čerpadly se separují pevné látky z přitékající odpadní vody. V separačních systémech se pevné látky dočasně uloží. Čerpadly protéká pouze předčištěná odpadní voda. [12]



Obr. 2.12. Fáze čerpání [12]

Při čerpacím procesu proudí přečištěná odpadní voda (na cestě do výtlačného potrubí) do separačních systémů v opačném pořadí a čerpá tak dočasně uložené pevné látky do výtlačného potrubí (Obr. 2.12.). Tak se separační systémy a čerpadla vyčistí a jsou připraveny pro další fázi přítoku. [12]



Obr. 2.13. Fáze čištění separátoru od pevných částic [12]

Čerpadlo je zapnuté a médium je v objemovém separátoru. Zvyšující se tlak uzavírá přítokovou armaturu a dva zpětné přítoky čistí kontinuálně síto. Pevné složky materiálu na sítu separátoru jsou bezpečně dopraveny do tlakové roury výtlaku, aniž by prošly čerpadlem (Obr. 2.13.). [12]

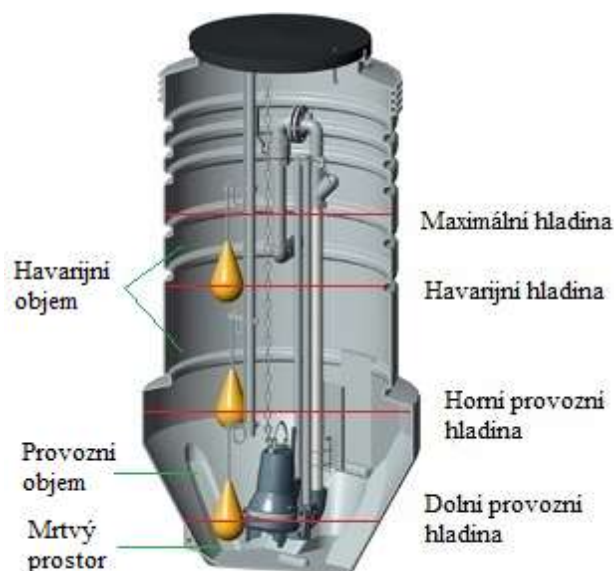
3 NÁVRH ČERPACÍ STANICE

ČS odpadních vod se navrhují na celkový přítok Q_i a celkovou dopravní výšku H_{tot} , přičemž provozní bod ČS musí mít parametry Q_P a H_P větší nebo rovny Q_i a H_{tot} .

3.1 NÁVRH OBJEMŮ ČERPACÍ STANICE

Objemy ČS jsou rozděleny dle hladin na mrtvý prostor, provozní objem a havarijní objem. Hladiny se dělí na:

- Maximální hladina – hladina začínajícího přepadu vody z jímky;
- Havarijní hladina – rezervní hladina využitá při poruše zařízení;
- Horní provozní hladina – hladina, při níž zpravidla čerpadla začínají čerpat (pokud nejsou čerpadla řízena časovým spínačem);
- Dolní provozní hladina – minimální hladina v mokré jímce, která ještě umožňuje spolehlivý a bezpečný provoz čerpadel. [18]



Obr. 3.1. Rozdělení hladin v ČS [23]

3.1.1 Provozní objem

Provozní objem musí být větší než objem ve výtlačném potrubí mezi zpětnou klapkou a smyčkou proti zpětnému vzduť, avšak ne menší než 20 litrů. Tím je zajištěno, že objem ve výtlačném potrubí bude vyměněn při každém čerpacím cyklu.

$$V_P = \frac{T \cdot Q_P}{1000} \quad (1)$$

kde: V_P provozní objem [m^3];

T nejnižší doba chodu čerpadla dle Tab. 3.1. [s];

Q_P čerpaný průtok v [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]. [20]

Tab. 3.1. Vztah mezi výkonem motoru a nejkratší dobou chodu T [20]

Výkon motoru [kW]	Nejkratší doba chodu T [s]
$\leq 2,5$	2,2
2,5 – 7,5	5,5
$\geq 7,5$	8,5

Výrobce ČS odpadních vod může stanovit jiné hodnoty pro nejkratší dobu chodu T. [20]

3.1.2 Havarijní objem

Havarijní objem je objem mezi havarijní a maximální hladinou a musí odpovídat nejméně 25 % celkového průměrného denního přítoku odpadních vod. Tento objem se počítá nad obvyklou spínací hladinou čerpadel. Může být využit například pro akumulaci odpadních vod při výpadku elektrického proudu. [19]

$$V_H = \frac{0,25 \cdot Q_{24}}{1000} \quad (2)$$

kde: V_H havarijní objem [m^3];

Q_{24} celkový průměrný denní přítok [$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$].

3.1.3 Celkový objem

Celkový objem ČS je součet všech objemů. Při výpadku elektrické energie či poruše zařízení je možné uvažovat s akumulací odpadní vody v přívodním potrubí do ČS. Toto je možné pouze, když do přívodního potrubí nejsou napojeny kanalizační přípojky.

$$V = V_P + V_H \quad (3)$$

kde: V celkový objem [m^3].

3.2 NÁVRH STROJNÍHO VYBAVENÍ ČERPACÍ STANICE

Omezující podmínky návrhu vyplývají z vlastností čerpaného média. Podíl pevných substancí v trojsložkové směsi vede k požadavku na:

- Minimální světlost potrubí (a průchodnost čerpadla):

Zkušenosti ukázaly, že ve stokách dochází k vytváření zátek, jejichž základ tvoří textile. Čerpací technika dnes nevyžaduje česle, je třeba zvolit dostatečnou průchozí světlost pro celé zařízení. Je doporučena světlost $d = 100 \text{ mm}$. Pro malá zařízení pak není rozhodujícím parametrem chod přítoku splašků, ale minimální dovolená světlost a minimální průtočná rychlost, což následně vede k předimenzování čerpadel a krátkým intervalům činnosti. [3]

Alternativou je instalace česlí, či nasazení čerpadel s drtiči pevných substancí. Česle komplikují stavbu ČS a zvyšují investiční náklady. Problém je dále manipulace se shrabky. Úspory vyplývající z nasazení menšího profilu tyto nevýhody nepřeváží. Použití předřazeného mēlníciho zařízení by mělo být výjimečné například u odlehlých nemovitostí, kde by náklady na jiný způsob odvodnění splašků nebyly odůvodnitelné. Rozmēlněná pevná substance se může usazovat v tlakovém nebo gravitačním potrubí,

čímž vzrůstá přísun znečištění na ČOV. Dalším aspektem jsou nižší účinnosti čerpadel s mělniči. [8]

- Průtočné rychlosti:

V potrubí by měly být v dostatečné četnosti vyvozovány rychlosti, schopné vyvodit unášecí síly a zamezit usazování. Spodní hranice rychlostí by měly být mezi $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (delší celková doba čerpání) a $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (kratší celková denní doba čerpání). Pro extrémně dlouhé intervaly nečinnosti musí být volena ještě větší rychlost. [3]

Tab. 3.2. Doporučené vazby potrubí [8]

Světlost [mm]	100	150	200
Průtočná rychlost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	2,0	2,2	2,4
Průtok [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]	16	40	75

V systémech s dlouhými výtlaky a malými průtoky roste doba zdržení z čehož vzniká nebezpečí zahnutí splašků. Při návrhu materiálů je nutno uvážit biogenní sirovodíkem způsobenou korozi. Dlouhé zdržení zvyšuje nebezpečí usazování pevných substancí. U těchto případů je vhodné zvážit zmenšení profilů, extrémně volit pneumatickou dopravu splašků. [1]

3.2.1 Čerpadlo

V této podkapitole jsou popsány parametry čerpadel a návrh čerpadel používaných na ČS odpadních vod.

Parametry čerpadla

Mezi hlavní parametry čerpadla patří:

- Průtok Q_P [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$] – definovaný jako užitečný objem dopravované tekutiny na výtlacném hrdle za časovou jednotku (u menších čerpadel také $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$). V souvislosti s provozními otáčkami, určuje tento parametr velikost čerpadla a jeho rozměry; [7, 9]
- Dopravní výška H_P [m] – definovaná jako užitečná energie předaná kilogramu hmotnosti dopravované tekutiny. U hydrodynamických čerpadel je limitována zpravidla hodnotou $H_P < 250 \text{ m}$, u malých čerpadel hodnotou $H_P < 100 \text{ m}$ pro jeden stupeň. Pro vyšší dopravní výšku je nutné použití vícestupňových čerpadel; [7]
- Provozní otáčky n [min^{-1}] – charakterizují pohon čerpadla. Ovlivňují velikost a rozměry čerpadla. [7]

Vedle těchto hlavních parametrů jsou důležité přidružené kvalitativní parametry účinnosti η a kavitační součinitel σ . [7]

Druh čerpadla (horizontální či vertikální) a příslušný typ čerpadla jsou přímo závislé na:

- Množství čerpané odpadní vody;
- Požadované dopravní výšce;
- Jakosti čerpané odpadní vody. [10]

Pracovní bod čerpadla leží na průsečíku Q–H charakteristiky čerpadla s charakteristikou výtlaku. Tomuto bodu přísluší účinnost, kterou je možno odečíst z křivky závislosti na čerpaném množství (Q– η křivka). Při výpočtech se pracuje s obvykle dosahovanou

účinností soustrojí čerpadlo – elektromotor. Optimální vypočtený průměr je třeba uplatnit na vyráběné průměry a reálná čerpadla, dosahující účinností ve výpočtech předpokládaných. [1]

- Stanovení čerpaného průtoku Q_P – vstupními podmínkami pro stanovení Q_P je průtočná rychlost ve výtlačném potrubí. Nesmí být menší než $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a větší než $2,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a všeobecně Q_P má být nejméně rovno Q_i ; [20]
- Stanovení dopravní výšky H_P – dopravní výška H_P musí být stejná nebo větší než celková dopravní výška H_{tot} , která se vypočítá podle:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_V \quad (4)$$

$$H_V = H_{V,A} + H_{V,R} \quad (5)$$

kde: H_{tot} celková dopravní výška [m];

H_{geo} hydrostatická výška (statický podíl dopravní výšky) [m];

H_V tlaková ztrátová výška (dynamický podíl dopravní výšky) [m];

$H_{V,A}$ tlakové ztráty v armaturách a tvarovkách [m];

$H_{V,R}$ tlakové ztráty třením v potrubí [m]. [20]

- Stanovení hydrostatické výšky H_{geo} – hydrostatická výška se vypočítá z výškového rozdílu mezi nejnižší hladinou vody v ČS odpadních vod a nejvyšším bodem ve výtlačném potrubí. Pro zjednodušení lze měřit výškový rozdíl mezi dnem prostoru, ve kterém je čerpací zařízení osazeno a nejvýše položeným dnem potrubí smyčky proti zpětnému vzduť; [20]
- Stanovení tlakové ztráty v armaturách a tvarovkách $H_{V,A}$ – tlakové ztráty všech armatur a tvarovek ve výtlačném potrubí až po smyčku proti zpětnému vzduť se počítají individuálně a následně se sčítají;

$$H_{V,A} = \sum_i \xi_i \cdot \frac{v_i^2}{2 \cdot g} \quad (6)$$

kde: $H_{V,A}$ suma tlakové ztráty v armaturách a tvarovkách [m];

v_i průtočná rychlost v armaturách a tvarovkách [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$];

g gravitační zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$];

ξ součinitel ztrát místními odpory [–]. [20]

Součinitelé ztrát místními odpory pro armatury a tvarovky jsou uvedeny v Tab. 3.3. [20]

Tab. 3.3. Součinitelé ztrát místními odpory pro armatury a tvarovky [20]

Druh armatury nebo tvarovky	ξ
Uzavírací šoupátko ¹⁾	0,5
Zpětná klapka ¹⁾	2,2
Koleno 90°	0,5
Koleno 45°	0,3
Volný výtok	1,0
T – kus 45° – Průchod při spojování průtoku	0,3
T – kus 90° – Průchod při spojování průtoku	0,5
T – kus 45° – Odbočka při spojování průtoku	0,6
T – kus 90° – Odbočka při spojování průtoku	1,0
T – kus 90° – Protiproud	1,3
Rozšíření příčného profilu	0,3

- Stanovení tlakové ztráty třením ve výtlačném potrubí $H_{V,R}$ – tlakové ztráty třením se stanovují podle diagramu tlakových ztrát, nebo pokynů výrobce pro všechny přímé trubní kusy ve výtlačném potrubí až ke smyčce proti zpětnému vzduť.

$$H_{V,R} = \sum_j (H_{V,j} \cdot L_j) \quad (7)$$

kde: $H_{V,R}$ jsou tlakové ztráty třením v potrubí [m];

$H_{V,j}$ tlakové ztráty vztažené na délku potrubí [-];

L_j délka přímého potrubí [m]. [20]

Pro výpočet $H_{V,j}$ lze použít vzorce Colebrooka – White. Hodnoty pro tlakové ztráty vztažené na délku potrubí $H_{V,j}$ platí pro čistou vodu o teplotě 10 °C, případně pro kapaliny stejné kinematické viskozity při plném plnění potrubí. [20]

Hydraulický návrh čerpadla

Měrná energie čerpadla [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$] – je energie potřebná na jednotku čerpané kapaliny.

$$Y = g \cdot H_{tot} \quad (8)$$

kde: Y měrná energie čerpadla [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$];

H_{tot} celková dopravní výška [m];

g gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]. [6]

Příkon čerpadla [W] – výkon přenesený hnacím zařízením na hřídel čerpadla.

$$P = \frac{\rho \cdot Q \cdot Y}{\eta} = \frac{P_n}{\eta} \quad (9)$$

kde: P Příkon čerpadla [W];

ρ hustota kapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$];

Q průtok [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$];

P_n užitečný příkon čerpadla [W];

η účinnost čerpadla [-]. [6]

Užitečný příkon čerpadla [W] – výkon odevzdáný čerpadlem čerpané kapalině protékající výstupním průřezem čerpadla.

$$P_n = \rho \cdot Y \cdot Q \quad (10)$$

kde: ρ hustota kapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$];

Q průtok [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$];

Y měrná energie čerpadla [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$]. [6]

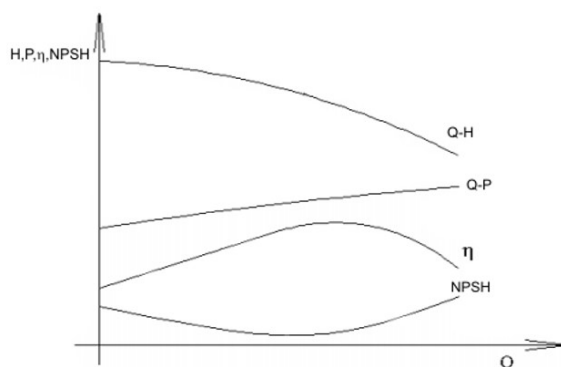
Účinnost čerpadla [-] – udává poměrné využití příkonu čerpadla.

$$\eta = \frac{P_n}{P} \quad (11)$$

kde: P_n užitečný příkon čerpadla [W];

P příkon čerpadla [W]. [6]

NSPH – sací schopnost čerpacího systému, je parametr charakterizující sací stranu čerpacího systému včetně vstupní strany čerpadla od sacího hrdla až k oběžnému kolu. Tento parametr souvisí s jevem kavitace, což je tvorba dutin vyplněných párou v proudící kapalině a nastává v místech poklesu tlaku na tlak nasycených par, je doprovázená hlukem, vibracemi a následně kavitační erozí materiálu. [9]



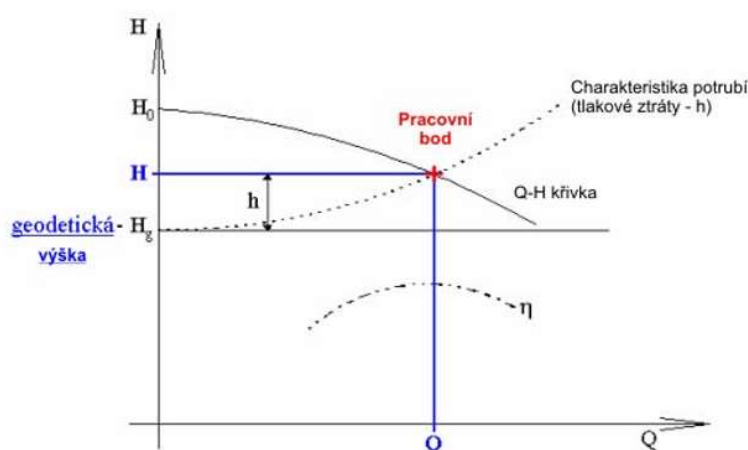
Obr. 3.2. Obecný průběh charakteristik čerpadla [6]

Stanovení pracovního bodu čerpadla

Průsečík Q–H charakteristiky čerpadla s potrubím je tzv. pracovní (provozní) bod hydraulického systému. Pracovní bod určuje jednoznačně správnost návrhu celého hydraulického systému a má se nacházet v optimální oblasti křivky účinnosti, jinak není návrh ekonomický. [6]

- Grafické stanovení pracovního bodu

Při grafickém stanovení se vynese charakteristika potrubí do grafu Q–H křivky čerpadla, kde průsečík křivek je pracovní bod čerpadla. Charakteristika potrubí se vynáší od geodetické výšky H_g . [6]



Obr. 3.3. Grafické stanovení pracovního bodu čerpadla [6]

- Početní stanovení pracovního bodu

$$Q = \sqrt{\frac{H_0 - H_g}{\chi + \delta}} \quad (12)$$

$$H = \frac{H_0 \cdot \chi + H_g \cdot \delta}{\chi + \delta} \quad (13)$$

$$H_0 = \frac{\sum H_i \cdot \sum Q_i^4 - \sum (H_i \cdot Q_i) \cdot \sum Q_i^2}{3 \cdot \sum Q_i^4 - (\sum Q_i^2)^2} \quad (14)$$

$$\delta = \frac{\sum H_i \cdot \sum Q_i^2 - 3 \cdot \sum (H_i \cdot Q_i)}{3 \cdot \sum Q_i^4 - (\sum Q_i^2)^2} \quad (15)$$

kde: Q	průtok [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$];
χ	odporový součinitel [-];
H_g	geodetická dopravní výška [m];
δ	součinitel dle vzorce (15)
H_0	závěrný bod čerpadla [m];
H_j	dopravní výška v i-tém bodě [m];
Q_j	průtok čerpadla v i-tém bodě [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]. [6]

3.2.2 Potrubí

Všechna potrubí se navrhují tak, aby se mohla sama vyprazdňovat a jejich průřez nesmí být ve směru toku omezován ani zmenšován. Na přítoku do čerpacího zařízení a na výtlačném potrubí za zpětnou klapku se osazuje uzavírací armatura. Není-li na výtlačném potrubí osazena uzavírací armatura, musí být zpětná klapka vybavena vypouštěcím zařízením nebo musí být umožněn jiný způsob vyprázdnění výtlačného potrubí do sběrné jímky. [20]

Dle normy ČSN EN 12050-1 Čerpací stanice odpadních vod na vnitřní kanalizaci – Konstrukční zásady a zkoušení – Část 1: Čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi musí rozměry sacích, výtlačných a větracích připojení odpovídat normovým rozměrům potrubí.

Spojení musí být těsná a pružná. Napojení výtlačného potrubí musí odolávat tlaku, který je 1,5násobkem maximálního provozního tlaku čerpadla tak, aby nedocházelo k netěsnostem. Pokud se používá objemové čerpadlo, může tlak při ucpání výtlačné trubky stoupnout k nečekaně vysokým hodnotám, z tohoto důvodu musí být přijata přeměřená bezpečnostní opatření. [21]

V případě průtoků až do $12 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ musí mít větrací potrubí jmenovitou světlost nejméně DN 50. V případě vyšších průtoků musí mít větrací potrubí jmenovitou světlost nejméně DN 70. [21]

Doporučené minimální vzdálenosti vnějšího povrchu potrubí od stavební konstrukce (stěn, stropů, podlah, dna kanálů) a vzájemně mezi sebou:

- potrubí s přírubovými spoji
 - do DN 350 300 mm
 - nad DN 350 400 mm
- potrubí se svárovými spoji
 - do DN 200 300 mm
 - od DN 200 do DN 500 400 mm
 - nad DN 500 500 mm [18]

U prostupu potrubí stěnou nebo stropem se doporučuje nejmenší vzdálenost spojů od stěny nebo stropu:

- od DN 350 150 mm
- nad DN 350 300 mm [18]

Sací potrubí

Doporučené rychlosti vody v sacím potrubí:

- od DN 300 $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- nad DN 300 $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Rychlost nemá být menší než $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. [18]

Výtlačné potrubí

Minimální průtočná rychlost ve výtlačném potrubí musí být nejméně $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ při manometrickém tlaku 40 kilopascalů (0,4 bar), minimální průtok se vypočítá podle rovnice:

$$Q_{\min} = v \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 10^{-3} \cdot d_1^2 \quad (16)$$

kde: v minimální průtočná rychlost ve výtlačném potrubí, má hodnotu $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;

d_1 vnitřní průměr potrubí [mm];

Q_{\min} minimální průtok [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]. [21]

Výtlačné potrubí ČS odpadních vod musí být tvarováno do smyčky proti zpětnému vzduť, umístěné nad hladinou zpětného vzduť, na potrubí se nesmí napojovat žádné jiné přípojky. [20]

Doporučené rychlosti vody ve výtlačném potrubí:

- od DN 250 $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až $1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- nad DN 250 $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [18]

3.2.3 Armatury

Armatury osazené na potrubí se mají navrhovat a umisťovat tak, aby k nim byl bezpečný přístup a okolo nich dostatečný prostor pro montáž, demontáž, obsluhu a údržbu. Ručně ovládané armatury se navrhují tak, aby byly ovládané z terénu, obslužné lávky v mokré jímce nebo z podlahy armaturní komory a strojovny. [18]

Zpětné armatury musí automaticky zabránit zpětnému průtoku odpadních vod z výtlačného potrubí při vypnutí ČS, při čerpaní se zpětné armatury musí automaticky otevřít. Spoje pro napojení do výtlačného potrubí musí být schopny odolávat maximálnímu tlaku ČS, aniž by došlo k úniku vody netěsnostmi. Zpětné armatury, které jsou uváděny na trh jako samostatné části, musí mít provedení spojů pro napojení potrubí v souladu s příslušnými normami. Zpětné armatury musí zabránit zadržování pevných látek obsažených v odpadních vodách, především vláken. Kulovitý průchod zpětné armatury musí být nejméně 80 % vnitřního průměru výtlačného potrubí mínus 4 mm, tj.:

$$D_s = 0,8 \cdot d_1 - 4 \quad (17)$$

kde: D_s kulovitý průchod [mm];

d_1 vnitřní průměr výtlačného potrubí [mm]. [22]

Zpětné armatury musí být možné čistit, výjimkou jsou armatury s jmenovitou světlostí $DN < 80$, které nemusí mít čistící otvor, ale musí vyhovovat jmenovitému tlaku nejméně PN 4. [22]

3.2.4 Zdvihací zařízení

Navrhuje se trvalé zdvihací zařízení, technický prvek na příslušné zdvihací zařízení zabudované v místě montáže do stavební konstrukce nebo přenosné zdvihací zařízení, které má být umístěno v zabezpečeném prostoru. Pro dopravu, montáž a demontáž technologického zařízení, které je pod rovinou ovládání zdvihacího zařízení se navrhují montážní otvory v podlahách, jejichž velikost musí vyhovovat největšímu dopravovanému prvku. [18]

3.2.5 Elektroinstalace

Elektrické přístroje, které nejsou vodotěsné, například skříňka a poplachové zařízení, musí být umístěny v suchém a dobře větraném prostoru nad hladinou zpětného vzduší. [20]

ČS se zpravidla navrhují zcela automatizované, pokud se takto nenavrhne, má být návrh takový, aby umožňoval dodatečnou automatizaci s optimálními náklady. [18]

Ovládání a signalizace

Doporučuje se navrhovat ČS s automatickým provozem ovládaným z dozorny (například na ČOV) nebo ČS s automatickým provozem a dálkovým přenosem základních provozních údajů do vodohospodářského dispečinku s ovládáním čerpacích stanic z tohoto dispečinku. Ovládací obvody jsou napájeny z jednoho nebo více jištěných zdrojů. [18]

Signalizace provozních stavů se navrhuje v rozsahu odpovídajícímu stupni automatizace. Vždy je zapotřebí signalizovat poruchové stavy, které ohrožují nebo znemožňují provoz. Signalizace poruch musí být světelná i zvuková. [18]

Osvětlení

Rozvaděč osvětlení je doporučeno navrhnout tak, aby mohlo být osvětlení v činnosti i při vypnutém technologickém rozvaděči. Náhradní osvětlení se zřizuje tam, kde je třeba zařízení obsluhovat trvale i při ztrátě napětí. Kromě běžného osvětlení se doporučuje navrhnout i pomocné osvětlení na úrovni nouzového osvětlení únikových cest. [18]

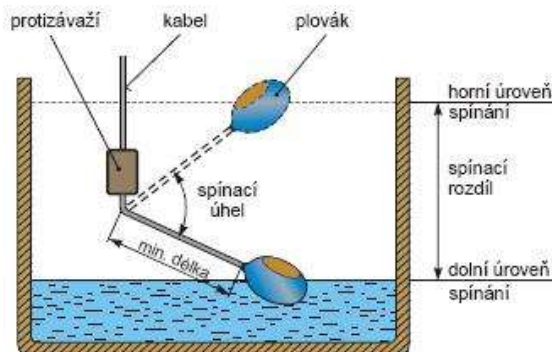
3.3 REGULACE

Regulaci provádějí zařízení na měření úrovně hladiny vody umístěné v ČS, která podle této úrovně hladiny vody spouští či vypínají čerpadla.

Plovákové spínače

Plovákové spínače jsou k dispozici v různých tvarech i velikostech a jsou vyrobeny z různých materiálů. Tvar plováku by neměl mít žádné horizontální plochy, na kterých se mohou zdržovat kapky kapaliny a usazovat případné nečistoty. Plováky mohou být umístěny přímo v provozních nádobách, zavěšeny na tyčích, lanech, řetězech či planžetách. [24]

- Překlápěcí plovákové spínače s připojovacím kabelem bývají vyrobené z plastu s hermeticky uzavřenou komorou, v níž je zabudován rtuťový spínač nebo mikrospínač ovládaný těžkou ocelovou kuličkou. Spínací rozdíl se nastavuje pomocí protizávaží, které je posouvateľné podél kabelu spínače, spínací úhel u systému s mikrospínačem bývá 30° až 40°, se rtuťovým spínačem přibližně 10°. [24]



Obr. 3.4. Schéma překlápěcího plovákového spínače [24]

Vodivostní hladinoměry a spínače

Vodivostní hladinoměry jsou tvořeny elektrodami umístěnými v nádrži s vodivou kapalinou. U spojitých hladinoměřů se měří změna elektrického odporu (resp. vodivosti) se změnou polohy hladiny. Přesnost je silně závislá na změnách složení, vodivosti i teplotě média. U spínačů se vyhodnocuje odpor mezi dvěma elektrodami nebo mezi hrotem sondy a kovovou stěnou nádoby. Spínače bývají vybaveny až pěti elektrodami. Vodivostní snímače se využívají zejména k signalizaci mezních stavů a k dvoupolohové regulaci. Používají se například při naplňování a vyprazdňování nádob mezi dvěma polohami hladiny (čerpadla či ventily jsou řízeny klopným obvodem s logickou funkcí) a k řízení čerpadel v provozech zpracovávajících odpadní vody. [24]

V této části jsou vyhodnoceny stávající ČS v obcích Dolní Lhota a Velenov. V obcích je oddílná stoková síť, tudíž do ČS přitékají pouze odpadní vody z obcí.

Obec Dolní Lhota se nachází v krajině Moravského krasu, leží na pravém břehu řeky Svitavy asi 2 km severně od Blanska. V současné době je v obci řada menších firem, základní škola 1. – 4. ročník, jednotřídní mateřská škola, obchod Jednota, dvě pohostinství a Klub Mlýn. V současné době má obec 623 obyvatel. [27]

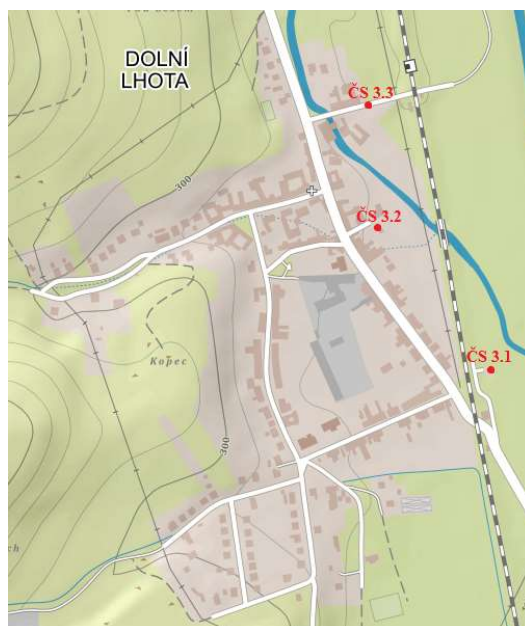
Obec Velenov je malá podhorská obec s 258 obyvateli a nachází se pod vrcholky Dražanské vrchoviny, východním směrem od města Boskovice. Obec je obklopena rozlehlými lesy. Severozápadním směrem od obce je vodní nádrž Boskovice. Kolem východního okraje obce protéká Orlový potok, jež ústí do jihovýchodní zátoky Boskovické nádrže. Západním směrem od Velenova je chráněné území přírodní rezervace Vratíkov. [29]



Obr. 4.1. Mapa umístění obcí [30]

V obci Dolní Lhota jsou tři ČS s označením 3.1, 3.2, a 3.3. V práci je vyhodnocena ČS 3.1. Na Obr. 4.2. je zobrazena poloha ČS v obci.

ČS 3.1 slouží pro přečerpávání všech OV z obce. ČS je umístěna na jižním okraji obce u silnice z Dolní Lhoty do Blanska. [28]



Obr. 4.2. Zobrazení polohy ČS [31]

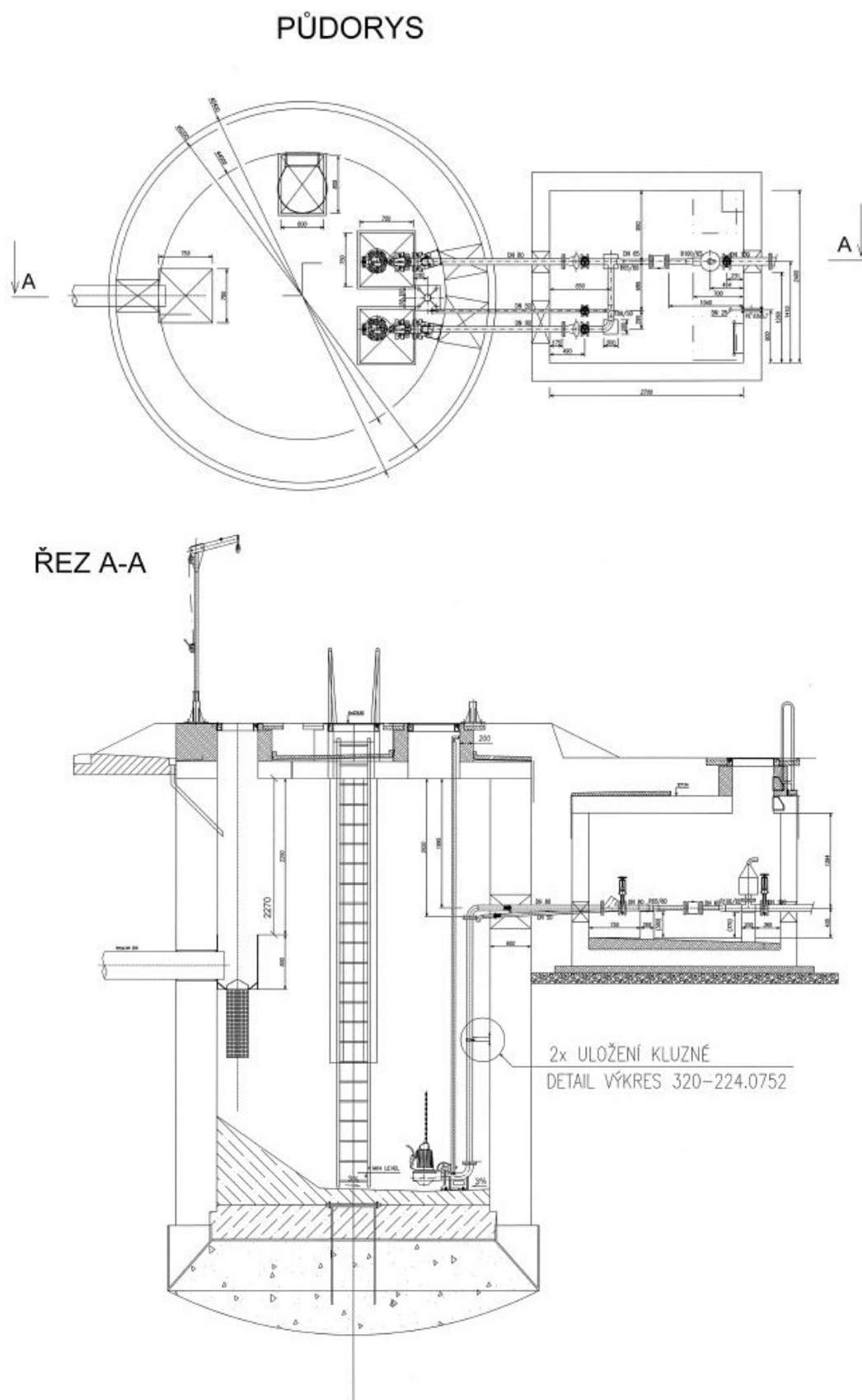
4.1.1 Stávající stav stokové sítě v obci

Obec Dolní Lhota je v celém rozsahu odkanalizována splaškovou kanalizací. Splaškové vody jsou svedeny hlavním sběračem na centrální čerpací stanici ČS 3.1 umístěnou na jižním okraji obce. Odtud jsou odpadní vody čerpány výtlačným řadem do splaškové stokové sítě průmyslové zóny na severním okraji města Blansko a dále odpadní vody odtékají do jednotné kanalizační sítě Blansko, na čerpací stanici Blansko, odkud jsou přečerpávány na ČOV Blansko. Odpadní vody z obce mají charakter komunálních odpadních vod. Provozní řád kanalizace vychází z požadavků vodoprávního úřadu a z technických možností stokové sítě. Čerpání odpadních vod probíhá v souladu s požadavky vodárenské akciové společnosti divize Boskovice, která je provozovatelem stokové sítě včetně čerpacích stanic a výtlačků. [28]

4.1.2 Popis čerpací stanice

ČS 3.1 je provedena jako podzemní objekt, stropní deska je provedena v úrovni terénu. Jedná se o podzemní kruhový objekt tvořený spuštěnou studnou vnitřního průměru 4,0 m. Čerpací stanicí tvoří čerpací jímka a suchá armaturní komora. [28]

Na Obr. 4.3. je zobrazen půdorys a řez ČS 3.1.



Obr. 4.3. Výřez výkresu půdorysu a řezu ČS 3.1 [26]

Na následujícím Obr. 4.4. lze rozpoznat zdvihací zařízení, otvory do ČS, nádobu na nečistoty uchycené na vtokovém koši a rampu pro pohyb obsluhy při čištění česlicového koše.



Obr. 4.4. ČS 3.1 v obci Dolní Lhota [zdroj: Rössová]

Čerpací jímka

Čerpací jímka má tloušťku stěn 0,6 m a dno má tloušťku 0,5 m. Světla výška čerpací jímky je od horního líce železobetonového dna po spodní líc stropní desky 6,2 m. Dno čerpací jímky je upraveno výplňovým betonem C30/37 o spádu směrem k čerpadlům. V čerpací jímce jsou osazena dvě ponorná kalová čerpadla v sestavě 1 + 1 (pohled do čerpací jímky je zobrazen na Obr. 4.6.). Do čerpací jímky je zaústěno potrubí DN 250. Na přítoku jsou osazeny sítové česle (Obr. 4.5.). [28]



Obr. 4.5. Zobrazení česlicového koše v ČS 3.1
[zdroj: Rössová]



Obr. 4.6. Zobrazení plovákového měřicího zařízení
a výtláčného potrubí s vodicími tyčemi čerpadla
v ČS 3.1 [zdroj: Rössová]

Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv ČS je zajištěn propojením šachty číslo 104 na stoce SD do stávající dešťové stokové sítě potrubím PVC DN 250. Na vyústění bezpečnostního přelivu do stávající šachty je osazena zpětná klapka. [28]

Kóta dna nátoky na bezpečnostním přelivu 277,67 m n.m. V okamžiku začátku přepadání bude dosažena kóta 277,67 m n.m., tzn. naplnění stoky SD od ČS 3.1 po šachtu číslo 104 v celé její délce. V celém úseku naplnění stoky nejsou domovní přípojky. [28]

Armaturní komora

Armaturní komora je podzemní monolitický objekt, má světlé půdorysné rozměry 2,7 x 2,4 m, tloušťky stěn a dna jsou 0,25 m. Světlá výška armaturní komory je od horního líce železobetonového dna po spodní líc stropní desky 2 m. Dno komory je upraveno výplňovým betonem C20/25. Spád výplňového betonu je směrem k čerpací jímce u stěny komory u výstupního otvoru. Čerpací jímka má rozměry 0,3 x 0,3 m a hloubku 0,1 m. [28]

Na výtlaku čerpadel v armaturní komoře je umístěn indukční průtokoměr DN 65 Flonet FN 1014. Z armaturní komory vychází potrubí výtlaku PE 110 x 10 mm. Do armaturní komory je zavedena přípojka vody PE 63 x 5,7 mm. [28]

Přípojka nízkého napětí

Přípojka nízkého napětí k ČS3.1 je provedena ze stávajícího dřevěného sloupu kabelem, délky 79 m do pojistkové skříně s pojistkami umístěné na sloupu ve výšce 2,5m. Z pojistkové skříně je veden kabelosvodem kabel napojený do plastového elektroměrového pilířku umístěného u paty sloupu venkovního vedení nízkého napětí. Plastový pilíř je vybaven elektroměrovou deskou a jističi. Elektroměrový rozvaděč je vybaven dvousazbovým elektroměrem a sazbovým spínačem. Pod železniční tratí je kabel uložen v silnostěnné pancéřové chrániče DN 100. [28]

Přípojka vody

K ČS 3.1 je přivedena vodovodní přípojka délky 57,89 m, která je napojena na vodovodní řad Spešov – Blansko LT DN 200 a ukončena v armaturní komoře uzávěrem. V blízkosti napojení přípojky vody na vodovodní řad je zřízena plastová vodoměrná šachta vnitřních rozměrů 1,5 x 0,9 m s vodoměrnou sestavou. Pod železniční tratí je přípojka uložena v polyethylenové chrániče. [28]

4.1.3 Provoz čerpací stanice

Do ČS jsou osazena ponorná kalová čerpadla 1 + 1 kus. Chod čerpadel je automatický v závislosti na hladině v čerpací jímce, jejich provoz je střídavý. Při výpadku elektrického proudu je čerpací stanice navržena s akumulací cca 121 m³. [28]

Tab. 4.1. Parametry ČS 3.1 [28]

Parametr		Jednotka
Čerpadla	Příkon	7,4 kW
	Hmotnost	182 kg
Čerpané množství		7,1 l·s ⁻¹
Dopravní výška		32,0 m
Dno přítoku		275,10 m n. m.
Zapínací hladina 1		273,65 m n. m.
Zapínací hladina 2		273,75 m n. m.
Vypínací hladina		272,65 m n. m.
Výtlak		PE 110 x 10 mm

Výše uvedené hodnoty jsou platné pro stav, kdy jsou veškeré přilehlé nemovitosti napojeny na kanalizaci a jsou splněna následující kritéria:

- Jsou napojeny pouze splaškové vody (WC, koupelna, prádelna, kuchyň);
- Splaškové vody jsou napojeny přímo;
- Do přípojky nejsou zaústěny dešťové vody;
- Do přípojky nejsou zaústěny odpadní vody z chlévů a hnojišť. [28]

Hladina v čerpací jímce ČS 3.1 je snímána hladinovým snímačem, který je umístěn na vstupu k čerpadlu do ČS 3.1. Hladinový snímač je zobrazen na Obr. 4.7. Rozvodná skříň na ČS 3.1 je zobrazena na Obr 4.8.



**Obr. 4.7. Hladinová sonda v ČS 3.1
[zdroj: Rössová]**



**Obr. 4.8. Rozvodná skříň na ČS 3.1
[zdroj: Rössová]**

4.1.4 Vyhodnocení čerpací stanice

Vyhodnocení ČS 3.1 je provedeno na základě posouzení objemů V_A a V_B . Objem V_A je stanoven dle parametrů ČS 3.1 z výkresové dokumentace a objem V_B je stanoven výpočtem dle normy ČSN EN 12056-4 Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy – Část 4: Čerpací stanice odpadních vod – Navrhování a výpočet a ČSN EN 1671 Venkovní tlakové systémy stokových sítí. Jsou vyhodnocené průtokové řady dodané provozovatelem, provozní náklady ČS 3.1 při čerpání a provoz na ČS 3.1.

Posouzení objemu ČS 3.1

Pro výpočet objemu ČS 3.1 jsou použity údaje počtu obyvatel obce a specifická spotřeba vody, která byla zvolena na základě normy.

Tab. 4.2. Odpadní vody přitéčené na ČS 3.1

Označení	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka	
počet obyvatel	623	obyvatel	-	-	
$q_{\text{spec}} =$	150	$\text{l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$	-	-	
$Q_{24,m} =$	93,450	$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$	1,082	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{24,m} = PO \cdot q_{\text{spec}}$
$Q_{\text{BAL}} =$	28,035	$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$	0,324	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{BAL}} = 30 \% Q_{24}$
$Q_{24} =$	121,485	$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$	1,406	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{24} = Q_{24,m} + Q_{\text{BAL}}$
$k_h =$	4,8	-	-	-	
$Q_h =$	24,297	$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$	6,749	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_h = Q_{24} \cdot k_h$

Tab. 4.3. Stanovení objemů na ČS 3.1

Objem podle skutečných rozměrů				Výpočet objemu dle normy		
Označení	Hodnota	Jednotka	-	Označení	Hodnota	Jednotka
$d =$	4,000	m	>	$V_P =$	0,039	m^3
Dno přítoku	275,10	m n. m.		$T =$	5,5	s
Vypínací hladina	272,65	m n. m.		$Q_P =$	7,1	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
$h =$	2,450	m		$V_H =$	30,371	m^3
$V_A =$	30,788	m^3		$V_B =$	30,410	m^3

Na základě skutečných rozměrů ČS 3.1 byl stanoven objem $V_A = 30,788 \text{ m}^3$ a na základě norem [19, 20] byl stanoven objem $V_B = 30,410 \text{ m}^3$. Porovnáním stanovených objemů bylo zjištěno, že objem stanovený podle skutečných rozměrů je větší než objem stanovený výpočtem dle normy. Na základě tohoto zjištění daná ČS 3.1 vyhovuje.

Tab. 4.4. Čerpané množství $Q_{d-Pá} - Q_{d-Čt}$ v období 14.4.2017–20.4.2017

Průtok	$l \cdot den^{-1}$	$l \cdot s^{-1}$		$l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$
$Q_{d-Pá} =$	45460	0,526	Denní spotřeba vody	72,970
$Q_{d-So} =$	53372	0,618		85,669
$Q_{d-Ne} =$	54782	0,634		87,933
$Q_{d-Po} =$	58430	0,676		93,788
$Q_{d-Út} =$	45207	0,523		72,563
$Q_{d-St} =$	48027	0,556		77,090
$Q_{d-Čt} =$	43979	0,509		70,592
			průměr =	80,086

Z naměřených dat čerpaného množství v období 14.4.2017 – 20.4.2017 je určen denní přítok odpadních vod na ČS 3.1 (Tab. 4.4.). Ze stanovených denních přítoků na ČS 3.1 je výpočtem stanovena průměrná specifická denní spotřeba vody $80,086 l \cdot s^{-1} \cdot den^{-1}$, která byla použita pro srovnání s průměrnou specifickou denní spotřebou vody zvolenou $150 l \cdot s^{-1} \cdot den^{-1}$ pro výpočet v Tab. 4.2. Z výpočtu vyplývá, že zvolená hodnota je předimenzovaná.

Srovnání čerpaného množství v ČS 3.1 podle času

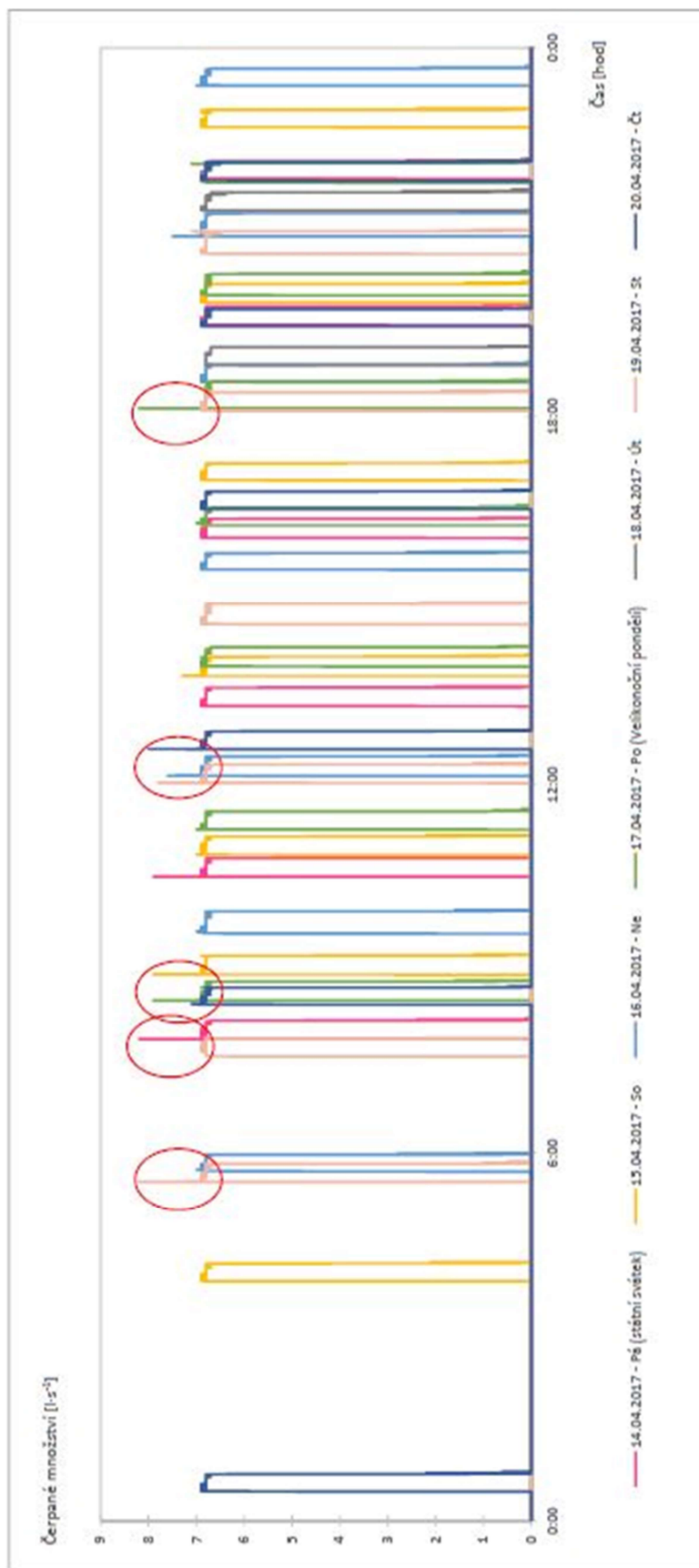
Z naměřených dat poskytnutých provozovatelem ČS 3.1, byl zhotoven Graf 4.1. čerpaného množství dle časového záznamu pro jednotlivé dny. Délka časového záznamu je 1 den s časovým krokem 10 vteřin. Pro srovnání byly použity data z týdenního měření, od 14.04.2017 – 20.04.2017.

Z Grafu 4.1. je možné vyčíst, že ve dnech pracovního volna je větší množství odpadních vod než v pracovních dnech. Čerpadla se spouští v první třetině celkového objemu ČS. Při aktuálním množství odpadních vod se čerpadla spouští minimálně šestkrát za den.

V Grafu 4.1. je zobrazené maximální denní čerpané množství v jednotlivých dnech, které je uvedené v následující Tab. 4.5.

Tab. 4.5 Maximální denní čerpané množství

Den [dd.mm.rrrr]	Čas [h:mm:ss]	Čerpané množství [$l \cdot s^{-1}$]
14.04.2017	7:51:10	8,20
15.04.2017	8:54:00	7,90
16.04.2017	12:08:40	7,60
17.04.2017	18:07:30	8,20
18.04.2017	7:32:40	8,50
19.04.2017	5:32:00	8,20
20.04.2017	12:34:40	8,00



Graf 4.1. Průběh časového čerpání odpadní vody v ČS 3.1

Provozní náklady ČS 3.1

Výpočet provozních nákladů ČS 3.1 se skládá ze čtyř dílčích výpočtů. Spotřeby elektrické energie, která je potřebná pro chod čerpadla, mzdy pracovníka, cena spojená s údržbou a cena za skládkování shrabků z česlicového koše ČS 3.1.

Tab. 4.6. Roční provozní náklady ČS 3.1

Označení	Hodnota	Jednotka
Cena elektrické energie	4	Kč·kWh ⁻¹
Výkon motoru čerpadla	7,4	kW
Doba 1 čerpání	20	min
Celková doba čerpání za rok	851,00	hod
Cena elektrické energie za rok	25 210,00	Kč·rok ⁻¹
Velikost kontejneru	0,5	m ³
Měrná hmotnost shrabků zachycených v česlicovém koši	960,00	Kč·m ⁻³
Cena za uložení NO na skládce	1 500,00	Kč·tun ⁻¹
Likvidace NO z česlicového koše	8 640,00	Kč·rok ⁻¹
Úvazek pracovníka – 0,1	54 000,00	Kč·rok ⁻¹
Údržba	5 000,00	Kč·rok ⁻¹
Celkem	92 850,00	Kč·rok ⁻¹

Provozní náklady ČS 3.1 jsou stanoveny 92 850 korun za roční období.

Vyhodnocení provozu ČS 3.1 a doporučení

Problém č. 1: V obci je vybudovaná oddílná splašková stoková síť s malým spádem a malou rychlostí, to je příčinou zachycování organického znečištění v česlicovém koši. Organické znečištění by při optimálních rychlostech mělo česlicovým košem protéct. To je důvodem častějšího čistění koše až třikrát do týdne a vývozu nečistot jedenkrát za tři týdny až měsíc.

Doporučení: Kontrola a proplachování stokové sítě. Dalšími možnými způsoby je vybudování proplachovacích šachet na vybraných částech stokové sítě nebo napojení dešťového svodu do splaškové stokové sítě, pouze výjimečně se souhlasem provozovatele.

Problém č. 2: Celá ČS se musí čistit minimálně jedenkrát za půl roku z důvodu přítomnosti tuků v odpadních vodách, které jsou vypouštěny do stokové sítě z restauračního zařízení v obci. Tuky zalepují plovákové měřicí zařízení v ČS, tím je omezena jeho funkčnost. Plováky se musí čistit jednou za týden.

Doporučení: Kontroly lapáku tuků a následné likvidace tuků z restauračního zařízení a případný postih provozovatele při nevyhovujícím stavu.

Problém č. 3: Rampa sloužící k pohybu obsluhy při čistění vtokového koše má být podle požadavků na bezpečnost práce zajištěna zábradlím, jelikož je vyšší jak 0,5 m. Na pozemku

ČS 3.1 je jedno zdvihací zařízení, které je stabilně umístěno při otvoru k česlicovému koši. Pro vytažení čerpadel, ke kterým jsou otvory na opačné straně ČS 3.1 se musí toto zařízení přenášet. Zdvihací zařízení je těžké a vždy ho musí přenášet minimálně 2 osoby.

Doporučení: Pro bezpečí obsluhy ČS 3.1 je doporučeno zbudování zábradlí a nainstalování záchytného zařízení pro obsluhu, při spouštění pracovníků do ČS 3.1. Aby byla splněna bezpečnost a ochrana zdraví při práci dle zákona č. 262/2006 Sb. zákoník práce.

Problém č. 4: ČS je vedle železničních kolejí s elektrifikací, při přejezdu vlakové soupravy dochází k rušení signálu z měřicího zařízení, které posílá záznamy na ČOV v Blansku.

Doporučení: U tohoto problému není snadné určit doporučení, jelikož neznáme používanou techniku na odesílání signálu.

Problém č. 5: U čerpadel se neprovádí pravidelné revize, i když se neucpávají a již pět let čerpají bez poruchy. Čerpadlo se vyzvedne z jímky pouze v případě jeho poruchy, jinak se s čerpadly nemanipuluje.

Doporučení: Měla by se provádět pravidelná revize čerpadel podle údržby, která je daná provozovatelem.

4.2 ČERPACÍ STANICE V OBCI VELENOV

ČS v obci Velenov byla vybudována v rámci stavby Ochrana vod v povodí řeky Dyje. Lokality, které jsou napojené na skupinovou kanalizaci Bělá jsou Hrádkov, Vratíkov, Benešov, Okrouhlá, Valchov a Velenov. ČS má ve skupinové kanalizaci označení ČS 9 a je zobrazena její poloha na Obr. 4.9.



Obr. 4.9. Zobrazení polohy ČS [31]

4.2.1 Stávající stav stokové sítě v obci

Při stavbě ČS 9 v roce 2013 byla provedena oprava, respektive rekonstrukce stávajících revizních šachet světlého průměru 1,0 m stokového systému splaškové kanalizace v obci. Rekonstrukce byla rozdělena do tří kategorií: drobné opravy (výměna poklopu včetně vyrovnávacích prstenců, výměna stupadel), bezvýkopová sanace celého vnitřního povrchu šachty včetně výměny poklopu (stupadel) a totální rekonstrukce šachty (stávající revizní šachta byla vybouraná a vybudovaná nová šachta s monolitickým dnem). [32]

4.2.2 Popis čerpací stanice

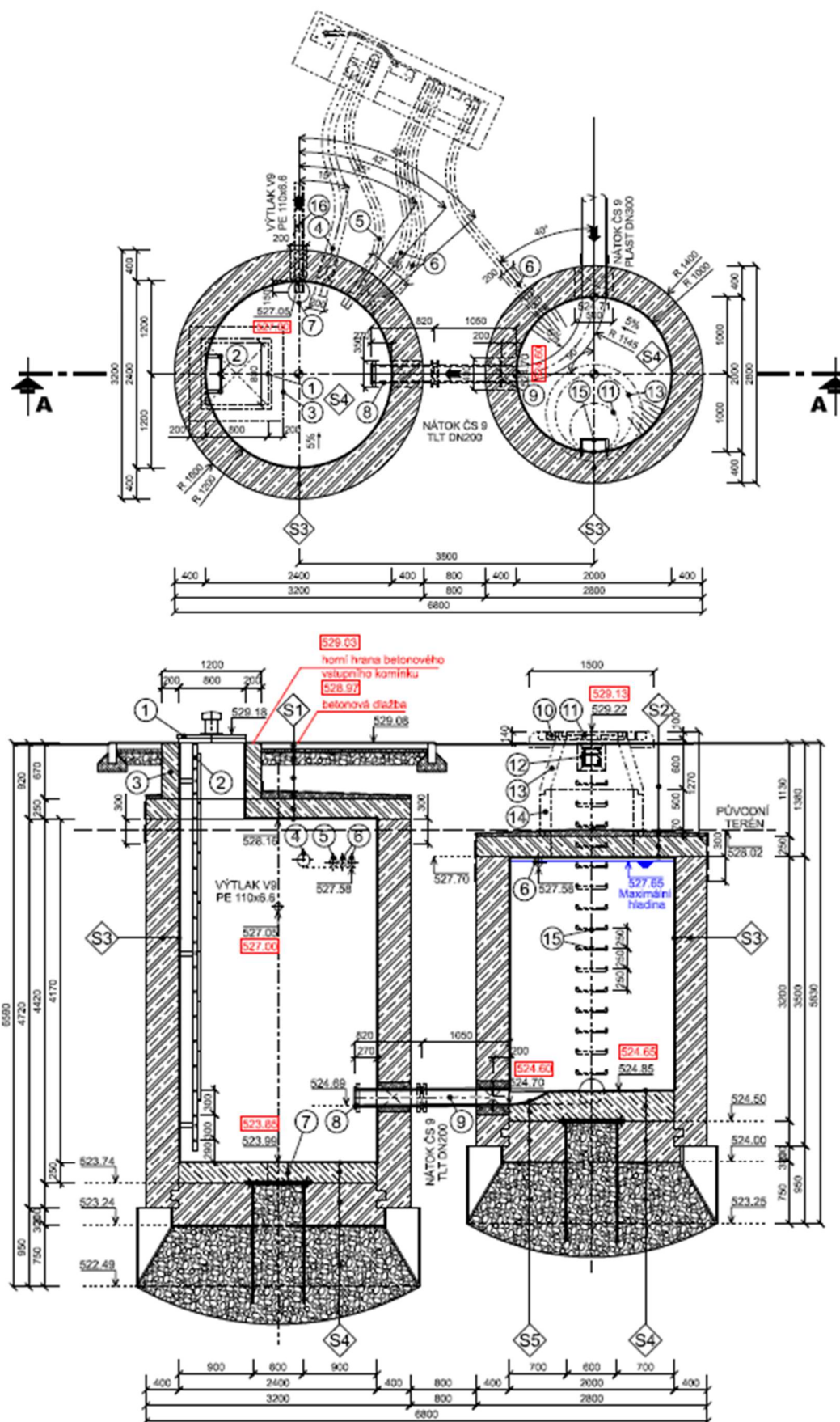
ČS 9 dopravuje odpadní vody do akumulární jímky ČS 3. ČS 9 se nachází na levém břehu bezejmenného toku jižně pod obcí Velenov. ČS 9 je postavena jako podzemní objekt tvořený dvěma jímkami, a to akumulární jímkou a čerpací jímkou. V akumulární jímce jsou retenovány odpadní vody v případě dlouhodobého výpadku elektrického proudu. V čerpací jímce je osazena technologie uzavřeného čerpacího systému se separací tuhých látek. Akumulární jímka má světlý průměr 2 m, čerpací jímka má světlý průměr 2,4 m. Dvojice odvětrávacího potrubí z čerpací jímky je zatažena do k tomu přizpůsobené části pilíře rozvaděče, který je umístěn v blízkosti ČS 9. Čerpací stanice je vybavena havarijním přelivem. Pro příjezd k ČS 9 je zřízena nová obslužná komunikace, která se napojuje na krajskou komunikaci. K ČS 9 je vybudována nová přípojka nízkého napětí. [33]

Na následujícím Obr. 4.10. je zobrazena ČS 9. Červeným kroužkem je označen vstup do čerpací jímky a žlutým kroužkem je označen vstup do akumulární jímky.



Obr. 4.10. ČS 9 v obci Velenov [zdroj: Rössová]

Na Obr. 4.11. je zobrazen výřez výkresu půdorysu a řezu ČS 9. Legenda k Obr. 4.11.: 1 – čtvercový nerezový poklop 0,8 x 0,8 m s odvětrávací hlavicí, 2 – nerezový žebřík délky 5,0 m s permanentním jisticím systémem s přenosným výstupovým modulem, 3 – železobetonový výstupní komínek pro otvor 0,8 x 0,8 m o tloušťce stěny 0,2 m a výšce 0,67 m, 4 – odvětrání šachty PE potrubím, 5 – odvětrání sběrné nádrže PE potrubím, 6 – plastová ohebná korugovaná chránička DN 100, 7 – jímka DN 250, hloubky 0,25 m, 8 – FF–kus z TLT DN 200 délky 0,82 m, na obou koncích příruba DN 200, 9 – F–kus z TLT DN 200 délky 1,05 m s kotvicí přírubou na zdi, na obou koncích příruba DN 200, 10 – dvouřádek žulových dlaždic 0,1 x 0,1 uloženy do betonového lože, 11 – litinový šachtový poklop stavební výšky 0,1 m, 12 – kapsové stupadlo, 13 – prefabrikovaná přechodová skruž stavební výšky 0,6 m, 14 – prefabrikovaná skruž stavební výšky 0,5 m, 15 – kramlové stupadlo, 16 – spojka DN 100 [34]



Obr. 4.11. Výřez výkresu půdorysu a řezu ČS 9 [34]

Akumulační jímka

V akumulační podzemní jímce se akumulují zde přitékající odpadní vody při dlouhodobém výpadku proudu. Přítok je proveden kanalizací z plastového materiálu DN 300. Jímka má světlý vnitřní průměr 2,0 m. Hloubka šachty je 4,35 m. [33]

Nosné konstrukce jímky jsou z vodotěsné monolitické železobetonové stěny a dna tloušťky 400 mm z betonu C30/37. Vodotěsnost dna je zajištěna vevařeným ocelovým plechem k břítu studny. Ve dně studny je osazen F-kus DN 600 opatřený přírubou DN 600. F-kus slouží ke sčerpání podzemní vody po provedení stěn a dna studny. F-kus bude rovněž vodotěsně přivařen k plechu ve dně studny. Monolitická železobetonová stropní deska tloušťky 0,25 m staveništní prefabrikát z betonu C30/37. [33]

Nenosné konstrukce jímky jsou výstupní komín betonových prefabrikátů pro kanalizační šachty, dno tvarované z prostého výplňového betonu C30/37, horní líc stropní desky je upraven spádovým betonem C15/20 tloušťky 30–80 mm, betonový základ pro osazení výstupních madel z betonu C30/37. Kruhový poklop a žebřík tvořen kramlovými stupadly s PE povlakem. Výstupní madla z nerezové oceli včetně kotvicích prvků (1 pár). [33]

Úprava povrchu jímky, dno spádovým betonem a ochranným uzavíracím nátěrovým systémem, stěny, strop, výstupní komín, nástupnice ochranným uzavíracím nátěrovým systémem, kyneta je opevněna čedičovým obkladem s vyspárováním, okolí poklopu je opevněné dvojřádkem žulových kostek do betonu. [33]

Čerpací jímka

V podzemní čerpací jímce je osazena technologie s uzavřeným čerpacím systémem zobrazeném na Obr. 4.12. Přítok je proveden kanalizací z materiálu tvárná litina DN 200. Jímka má světlý vnitřní průměr 2,4 m. Hloubka šachty je 5,1 m. [33]

Nosné konstrukce jímky jsou vodotěsné monolitické železobetonové stěny a dna tloušťky 0,4 m z betonu C30/37. Vodotěsnost dna je zajištěna vevařeným ocelovým plechem k břítu studny. Ve dně studny je osazen F-kus DN 600 opatřený přírubou DN 600. F-kus slouží ke sčerpání podzemní vody po provedení stěn a dna studny. F-kus bude rovněž vodotěsně přivařen k plechu ve dně studny. Monolitická železobetonová stropní deska tloušťky 250 mm z betonu C30/37. [33]

Nenosné konstrukce jímky jsou výstupní komín z monolitického betonu C30/37, světlé půdorysné rozměry 0,8 x 0,8 m, tloušťky stěn 0,2 m, dno tvarované z prostého výplňového betonu C30/37, horní líc stropní desky je upraven spádovým betonem tloušťky 30–80 mm C15/20, opěrný bloček pro poklop čerpací jímky má rozměry 0,15 x 0,15 x 0,20 m z betonu C30/37. Poklop je proveden vstupním krytem 0,8 x 0,8 m s rámem, s odvětrávací hlavicí, včetně těsnění, upevněný na jedné straně na panty, uzamykatelný včetně uzavíracího klíče. Jeden vertikální lištový jistící systém z nerezové oceli kotvený k žebříku včetně bezpečnostní brzdy. Výstupní madla výsuvná z nerezové oceli včetně kotvicích prvků (1 pár), žebřík z nerezové oceli, náslapné příčle mají protiskluznou úpravu. [33]

Úprava povrchu jímky, dno spádovým betonem a ochranným uzavíracím nátěrovým systémem, stěny, strop, výstupní komín ochranným uzavíracím nátěrovým systémem. [33]



Obr. 4.12. Vystrojení čerpacího systému se separací tuhých látek v ČS 9 [zdroj: Rössová]

Havarijní přeliv

Přepad přes havarijní přeliv ČS 9 začíná v šachtě Š9 – 2 a je vyústěná do vodoteče Okrouhlý potok, potrubí je z materiálu železobeton DN 300 dl.7,66 m, které je v celé délce plně obetonované. Na havarijním přelivu ČS 9 je umístěna revizní šachta na kanalizaci se zpětnou klapkou na potrubí do DN 400. Šachta Š9 – 1 je provedena jako revizní šachta z betonových prefabrikátů světlého průměru 1 m se zpětnou klapkou a kruhový poklop. [33]

Vyústní objekt na stoce havarijního přelivu ČS9 DN 300 je oboubřežní. Kolem potrubí v místě vyústění je provedený betonový blok z betonu C30/37. Oba břehy a dno jsou opevněny kamennou rovnatinou z lomového kamene 100 kg s poštěrkováním na šířku 1,5 m na obě strany od osy potrubí. Opevnění břehů je stabilizováno do kamenné záhozové patky z lomového kamene. [33]

Propojovací potrubí

Propojovací potrubí začíná v šachtě Š9 – 2 a končí v akumulární komoře ČS 9, potrubí je z plastového materiálu DN 300 délky 5,4 m. Revizní šachta světlého průměru 1 m (monolitické dno) je šachta Š9 – 2 na propojovacím potrubí, do které je zaústěna stávající stoka DN 300. Šachta Š9 na propojovacím potrubí, do které je zaústěna stávající stoka DN 300 má spadiště s prefabrikovaným dnem. Kruhový poklop, jehož okolí je opevněné dvojřádkem žulových kostek do betonu. [33]

Ostatní stavební konstrukce

Odvětrání akumulární nádrže a čerpací jímky je provedeno plastovým potrubím z PVC DN 100. Potrubí je ukončeno v oddělené části pilíře pro rozvaděč a je vytažené 0,8 m nad terén. [33]

Rozvodná skříň pro ČS 9 je zobrazena na Obr 4.13., je umístěna v pilíři s větracím potrubím akumulární nádrže a čerpací jímky zobrazeno na Obr 4.14.



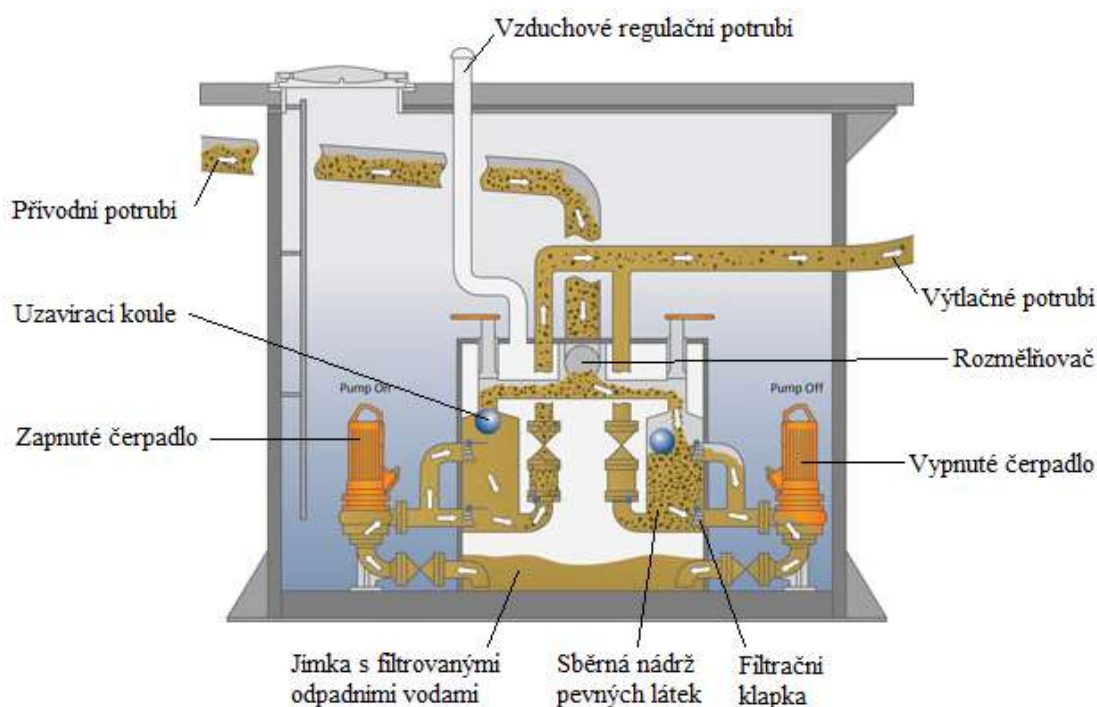
Obr. 4.13. Rozvodná skříň pro ČS 9
[zdroj: Rössová]



Obr. 4.14. Odvětrání jímek ČS 9 v objektu
s rozvodnou skříní [zdroj: Rössová]

Strojně – technologická část

Uzavřeny čerpací systém se separací tuhých látek pro osazení do šachty od výrobce WILO typu MG 700 ND (systém EMUport, jehož schéma je zobrazené v Obr. 4.15.). Instalovaný výkon čerpacího systému 6 kW, další parametry čerpacího systému jsou uvedeny v Tab. 4.7. [32]



Obr. 4.15. Čerpací systém se separací pevných látek EMUport [25]

Tab. 4.7. Parametry čerpacího systému ČS 9 [32]

Parametr		Jednotka
Výkon zařízení		15 m ³ ·hod ⁻¹
Počet čerpadel		2 ks
Akumulační nádrž		450 l
Připojovací průměr přítoku		DN 200
Uzavírací šoupátko na přítoku		DN 200
Připojovací rozměr výtlaku		DN 100
Hlavní uzavěr výtlaku		DN 100
Potrubí pro připojení čerpadel		DN 100
Uzavírací armatury pro připojení čerpadel		DN 100
Odvětrání sběrné nádrže		DN 100
Odvětrání suchého prostoru ventilátorem		Součást dodávky
Indukční průtokoměr		DN 100
Parametry jednoho čerpadla	typ	FA 10.34
	čerpané množství	$Q = 9,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$
	dopravní výška	$H = 6,6 \text{ m}$
	jmenovitý výkon motoru	1,8 kW, 400 VPS
	bimetal	Ano
Pomocné čerpadlo úkapů	typ	TMW 32/11
	příkon	$P = 0,5 \text{ kW}$
	příslušenství	Elektrody, 10 m kabelů
Zásuvka náhradního zdroje		Součást dodávky
Měření hladiny hydrostatickou sondou, 10 m kabel		Součást dodávky
Přepět'ová ochrana 3 fázová B+C		Součást dodávky

Přípojka nízkého napětí

Kabelová přípojka nízkého napětí je napojena ze stávajícího betonového podpěrného bodu nadzemního vedení nízkého napětí, kabelem přes přípojkovou plastovou pojistkovou skříň, osazenou na sloupu ve výšce minimálně 2,5 m nad terénem. Z pojistkové skříně je veden kabel do elektroměrového rozvaděče, který je umístěn u ČS v typovém plastovém pilíři. Elektroměrový rozvaděč je typová plastová skříň v pilíři, osazena hlavním jističem s jednosazbovým elektroměrem. [32]

4.2.3 Vyhodnocení čerpací stanice

Vyhodnocení ČS 9 je provedeno na základě posouzení objemů V_A a V_B . Objem V_A je stanoven dle parametrů ČS 9 z výkresové dokumentace a objem V_B je stanoven výpočtem dle normy ČSN EN 12056-4 Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy – Část 4: Čerpací stanice odpadních vod – Navrhování a výpočet a ČSN EN 1671 Venkovní tlakové systémy stokových sítí. Jsou vyhodnocené průtokové řady dodané provozovatelem, provozní náklady ČS 9 při čerpání a provoz na ČS 9.

Posouzení objemu ČS 9

Pro výpočet objemu ČS 9 jsou použity údaje počtu obyvatel obce a specifická spotřeba vody, která byla zvolena na základě normy.

Tab. 4.8. Odpadní vody přitéčené na ČS 9

Označení	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka	
počet obyvatel =	258	obyvatel	-	-	
$q_{spec} =$	150	$l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$	-	-	
$Q_{24,m} =$	38,700	$m^3 \cdot den^{-1}$	0,448	$l \cdot s^{-1}$	$Q_{24,m} = PO \cdot q_{spec}$
$Q_{BAL} =$	11,610	$m^3 \cdot den^{-1}$	0,134	$l \cdot s^{-1}$	$Q_{BAL} = 30 \% Q_{24}$
$Q_{24} =$	50,310	$m^3 \cdot den^{-1}$	0,582	$l \cdot s^{-1}$	$Q_{24} = Q_{24,m} + Q_{BAL}$
$k_h =$	4,8	-	-	-	
$Q_h =$	10,062	$m^3 \cdot hod^{-1}$	2,795	$l \cdot s^{-1}$	$Q_h = Q_{24} \cdot k_h$

Tab. 4.9. Stanovení objemů na ČS 9

Objem podle skutečných rozměrů

Čerpací jímka					
Označení	Hodnota	Jednotka	Označení	Hodnota	Jednotka
$V_{ej} =$	450,000	l		0,450	m^3
Akumulační jímka			Propojovací potrubí		
Označení	Hodnota	Jednotka	Označení	Hodnota	Jednotka
$d =$	2,000	m	$L =$	1,870	m
$h =$	3,000	m	$d =$	0,200	m
$V_{aj} =$	9,425	m^3	$V_p =$	0,059	m^3
$V_A =$	9,934	m^3			

Výpočet objemu dle normy

Označení	Hodnota	Jednotka
$V_P =$	0,021	m^3
$T =$	2,2	s
$Q_P =$	9,5	$l \cdot s^{-1}$
$V_H =$	12,578	m^3
$V_B =$	12,598	m^3

Na základě skutečných rozměrů ČS 9 byl stanoven objem $V_A = 9,934 m^3$ a na základě norem [19, 20] byl stanoven objem $V_B = 12,598 m^3$. Porovnáním stanovených objemů bylo zjištěno, že objem stanovený na základě skutečných rozměrů je menší než objem stanovený výpočtem dle normy.

Na základě tohoto zjištění daná ČS při specifické spotřebě vody $150 l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$ nevyhovuje. Ve výpočtu se sníží hodnota na specifické spotřebě vody $120 l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$, která je v interních směrnících vodárenské akciové společnosti. Opravený výpočet je uveden v Tab. 4.10.

Tab. 4.10. Přepočítané odpadní vody přitéčené na ČS 9 a stanovení objemu dle normy

Označení	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka	Označení	Hodnota	Jednotka
počet obyvatel =	258	obyvatel	-	-	$V_P =$	0,021	m^3
$q_{spec} =$	120	$l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$	-	-	$T =$	2,2	s
$Q_{24,m} =$	30,960	$m^3 \cdot den^{-1}$	0,358	$l \cdot s^{-1}$	$Q_P =$	9,5	$l \cdot s^{-1}$
$Q_{BAL} =$	9,288	$m^3 \cdot den^{-1}$	0,108	$l \cdot s^{-1}$	$V_H =$	10,062	m^3
$Q_{24} =$	40,248	$m^3 \cdot den^{-1}$	0,466	$l \cdot s^{-1}$	$V_B =$	10,083	m^3
$k_h =$	4,8	-	-	-			
$Q_h =$	8,050	$m^3 \cdot hod^{-1}$	2,236	$l \cdot s^{-1}$			

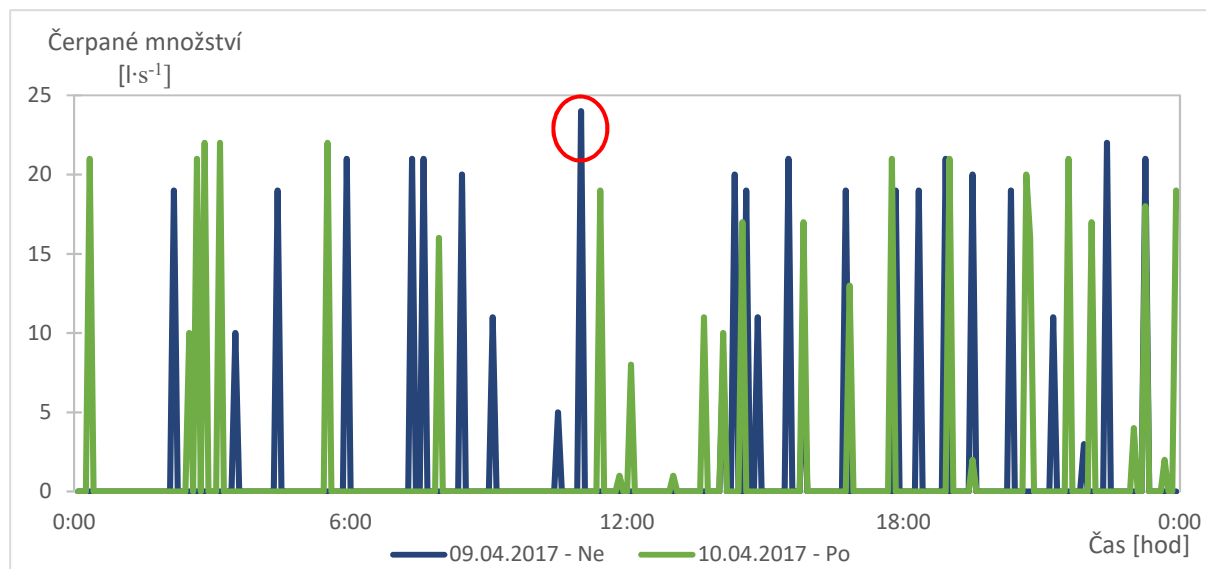
Dle nového výpočtu byl stanoven objem $V_B = 10,083 m^3$, který je o něco málo větší než objem $V_A = 9,934 m^3$. Je možné, že při návrhu o obci žilo méně obyvatel a provozovatelem byla povolena hodnota specifická spotřeba vody $120 l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$.

Srovnání čerpaného množství v ČS podle času

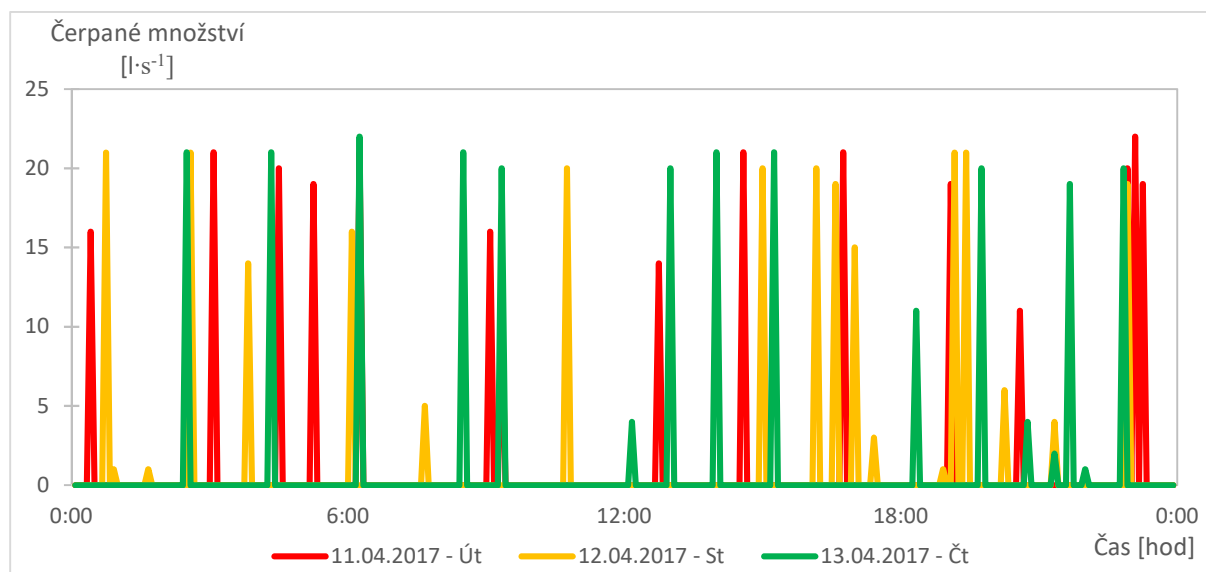
Z naměřených dat poskytnutých provozovatelem ČS 9, byly zhotoveny grafy (Graf 4.2., Graf 4.3., Graf 4.4.) čerpaného množství dle časového záznamu pro jednotlivé dny. Délka časového záznamu je 1 den s časovým krokem pět minut. Pro srovnání byly použity data z týdenního měření, od 09.04.2017 – 15.04.2017.

Z Graf 4.2. lze vyčíst největší naměřený průtok s hodnotou $24 l \cdot s^{-1}$ naměřenou 09.04.2017. Nejčastější naměřené průtoky při čerpání se pohybují v rozmezí $17-22 l \cdot s^{-1}$. V Graf 4.2. se objevují i nízké hodnoty, které byly změřeny v časech (nastaveného intervalu 5 minut), kdy čerpadlo dočerpávalo množství vody a průtok byl zaregistrován menší.

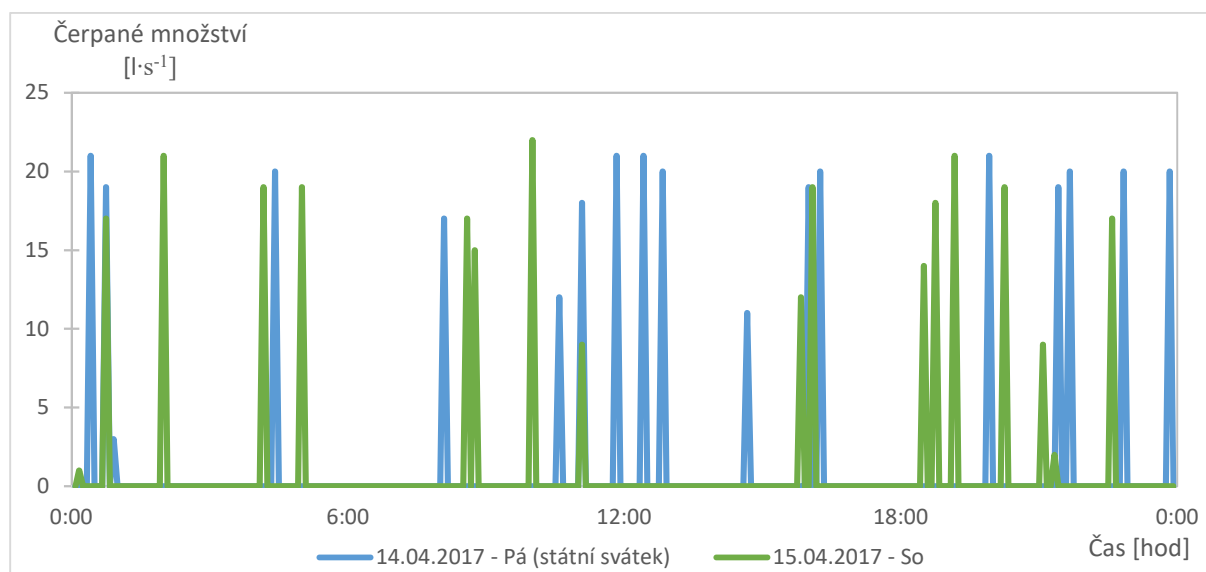
U ČS 9 není možné určit celkový denní přítok z čerpaného množství, jelikož je průtok měřen po pěti minutách, což je dlouhý interval. Čerpadla jsou spínána dle spínací hladiny a jelikož má čerpací jímka kapacitu $0,45 \text{ m}^3$, čerpadlo tedy podle polohy hladiny čerpá v různých časech.



Graf 4.2. Graf průběhu časového čerpání odpadní vody v ČS 9 v období 09.04.2017–10.04.2017



Graf 4.3. Graf průběhu časového čerpání odpadní vody v ČS 9 v období 11.04.2017–13.04.2017



Graf 4.4. Graf průběhu časového čerpání odpadní vody v ČS 9 v období 14.04.2017–15.04.2017

Provozní náklady ČS 9

Výpočet provozních nákladů ČS 9 se skládá ze tří dílčích výpočtů. Ceny elektrické energie spotřebované při čerpání odpadní vody, mzdy pracovníka a cena spojená s údržbou ČS 9.

Tab. 4.11. Roční provozní náklady ČS 9

Označení	Hodnota	Jednotka
Cena elektrické energie	4	Kč·kWh ⁻¹
Výkon motoru čerpadla	1,8	kW
Doba 1 čerpání	2	min
Celková doba čerpání za rok	97,33	hod
Cena elektrické energie za rok	700,00	Kč·rok ⁻¹
Úvazek pracovníka – 0,1	54 000,00	Kč·rok ⁻¹
Údržba	5 000,00	Kč·rok ⁻¹
Celkem	59 700,00	Kč·rok ⁻¹

Provozní náklady ČS 9 jsou stanoveny 59 700 korun za roční období.

Vyhodnocení provozu ČS 9

U ČS 9 nejsou doporučení, pouze jisté připomínky, jelikož je provozována jen 4 roky, má být tedy plně funkční.

ČS 9 se musí minimálně jedenkrát za půl roku vyčistit. Při čištění se uzavře nátok a vyčistí se celý čerpací systém (armatury, potrubí, jímka...). ČS 9 se každý měsíc proplachuje, tím se odstraní ulpělé nečistoty. V jímce nedochází k zahnívání, jelikož splašky jsou ředěné balastními vodami.

Čerpadla se ucpávají tkaninami, které se namotají na oběžné kolo čerpadla. Odstranění se provádí vymontováním čerpadla a odstraněním tkanin, čerpadlo se zpět namontuje a zprovozní. Zde je možnost informovat obyvatele obce, co by měli a neměli splachovat do kanalizace.

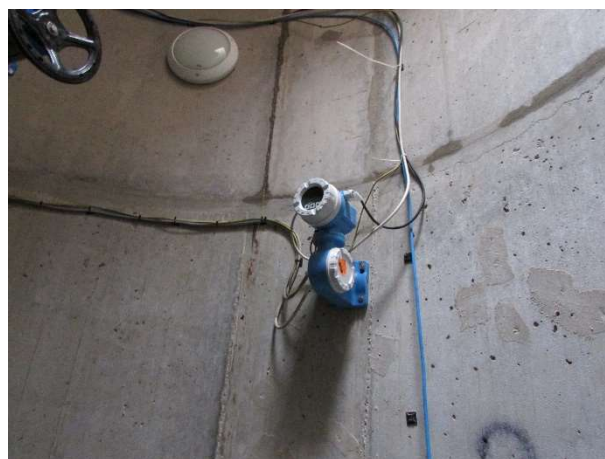
Chyby při vystrojení ČS 9

U průtokoměru na výtlačném potrubí schází uklidňovací délka, hned za průtokoměrem je osazen uzávěr. Uklidňovací délka se stanoví minimálně dvojnásobek profilu potrubí. Průtokoměr je zobrazen na Obr. 4.16.

Displej průtokoměru zobrazen na Obr. 4.17. je osazen příliš vysoko, ze dna čerpací jímky ne něj není vidět, tudíž nelze odečíst průtok.



**Obr. 4.16. Průtokoměr na výtlačném potrubí
v ČS 9 [zdroj: Rössová]**



**Obr. 4.17. Displej průtokoměru v ČS 9
[zdroj: Rössová]**

Proud odpadní vody z přívodního potrubí je za uzávěrem rozdělen přírubovým křížem, ve kterém je otvor ve stejném směru jako přívodní potrubí uzavřen a používá se při čištění čerpacího systému. Proud odpadní vody do uzávěru naráží a odtéká bočními otvory. Zobrazeno na Obr. 4.18.

Při napojení výtlačného potrubí za čerpadlem zobrazeno na Obr. 4.19. je provedeno napojení přírubového kolena. Koleno je zde osazeno z důvodu omezeného prostoru, daného velikostí čerpací stanice.



Obr. 4.18. Vystrojení ČS 9 [zdroj: Rössová]



Obr. 4.19. Napojení čerpadla [zdroj: Rössová]

5 ZÁVĚR

V teoretické části je popis čerpací stanice a částí, ze kterých je zkonstruována a strojního vybavení. Dále je popsán postup výpočtu objemu čerpací stanice, jeho částí a jak se rozdělují úrovně hladiny odpadní vody v jímce. Postup návrhu čerpadla a armatur v čerpací stanici.

Cílem bakalářské práce je posouzení objemů stávajících provozovaných čerpacích stanic, jejich provozu, čerpaného množství odpadních vod a provozních nákladů spojených s provozem jednotlivých čerpacích stanic v obcích Dolní Lhota a Velenov.

Posouzení objemů čerpacích stanic spočívá v ověření objemů dle rozměrů uvedených v projektové dokumentaci daných čerpacích stanic a vypočtených objemů dle platných a aktuálních norem, které se zabývají návrhem čerpacích stanic. Při výpočtu objemu dle norem byl objem stanoven z dílčích objemů, a to provozního a havarijního objemu. A při jejich následném porovnání měl být objem stanovený ze skutečných rozměrů větší než objem vypočtený dle norem.

Stanovení denní spotřeby vody pro dané obce z časové řady naměřeného čerpaného množství. Časové řady byly zaznamenány pro celý týden. Z časové řady se z naměřeného čerpaného množství stanovily denní průtoky čerpaných odpadních vod v čerpací stanici. Z těchto průtoků byly poté vypočteny denní spotřeby vody za jednotlivé dny a následně z nich stanovena jedna průměrná hodnota. Stanovit tuto denní spotřebu vody bylo možné pouze pro obec Dolní Lhota. Jelikož na čerpací stanici v obci Velenov je zaznamenávání čerpaného množství v dlouhém intervalu, nebylo tedy možné stanovit denní spotřebu vody tímto postupem.

Provozní náklady čerpacích stanic byly vyčísleny na roční provozování. Stanovení spočívalo ve výpočtu spotřeby elektrické energie, která je potřebná pro chod čerpadla. Dalšími provozními náklady jsou roční mzda obsluhy, cena spojená s údržbou čerpací stanice a sazba za likvidaci shrabků z česlicového koše u čerpací stanice v obci Dolní Lhota. Ze stanovených provozních nákladů vyplývá, že čerpací stanice v obci Velenov má nižší náklady s provozováním čerpací stanice než v obci Dolní Lhota. Výpočet provozních nákladů pro jednotlivé obce je rozdílný, jelikož se jedná o obce s odlišným počtem obyvatel přihlášených k trvalému pobytu.

Provoz na čerpacích stanicích je odlišný z důvodu jejich stavebního řešení. Jsou rozdíly mezi provozováním provozu čerpací stanice, kde jsou čerpadla osazena v mokré jímce a kde jsou čerpadla osazena v suché jímce. Dále i druhem čerpacího systému, jeho velikostí a spotřebou elektrické energie, která je potřebná pro chod čerpacího systému. Při provozu čerpadel také záleží na tom, co vše odpadní voda obsahuje a jestli se ucpávají čerpadla, což se stává na čerpací stanici v obci Velenov.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN, Petr PRAX, Petr HLUŠTÍK a Radim MIFEK. *Stokování a čištění odpadních vod: Studijní opory*. Brno, c2006.
- [2] *Hospodaření s vodou: Čerpací stanice* [online]. Praha: UNISORT, 2017 [cit. 2017-5-23]. Dostupné z: www.belis.cz/cerpaci-stanice#gravitace
- [3] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. 1. Brno: NOEL, 2000. ISBN 80-86020-30-4.
- [4] *EuroArmatury: Technologie pro odpadní vody* [online]. Praha: Euroarmatury, 2017 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.euroarmatury.eu/technologie-pro-odpadni-vody/biofiltry>
- [5] JONES, Garr, Bayard BOSSERMAN, Robert SANKS a George TCHOBANOGLIOUS. *Pumping Station Design*. 3rd Edition. Elsevier Science & Technology, 2008. ISBN 9781856175135.
- [6] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Vodárenství: Studijní opora*. Brno, c2006.
- [7] BEDNÁŘ, Josef. *Čerpadla: (vodárenství a kanalizace)*. Blansko: Marcela Bednářová, 2015. ISBN 9788090543720
- [8] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. Učební texty vysokých škol. ISBN 8021425350.
- [9] BRADA, Karel a Petr HLAVÍNEK. *Čerpadla ve vodním hospodářství*. Brno: NOEL 2000, 2004. ISBN 8086020436.
- [10] TOPINKA, Otto, Jiří FOUSEK a Leo TOMEK. *Kanalizace a čistírny odpadních vod*. Praha: Ministerstvo zemědělství, lesního a vodního hospodářství, 1967.
- [11] *Hawle Armatury: Zpětný kulový ventil* [online]. Praha: Hawle, 2017 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.hawle.cz/cz/skupina/9841-zpetny-kulovy-ventil/>
- [12] *Asio čištění a úprava vod: AS-PUMP AMADS3* [online]. Brno: ASIO, 2011 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-pump-amads3>
- [13] *Allbiz: Klínové šoupátko* [online]. Moskva: Armacentr, 2017 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://moskva.all.biz/cs/klinove-soupatko-priruba-bgg1049140>
- [14] *Docplayer: Ceník vodárenských armatur a tvarovek* [online]. Děčín: ARMEX HOLDING, 2013 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/16948549-Cenik-vodarenskych-armatur-a-tvarovek.html>
- [15] Doleček, Josef., Holoubek, Zdeněk. *Strojnictví II pro SOU*. 3. vydání. Praha: SNTL – NAKLADATELSTVÍ TECHNICKÉ LITERATURY, 1989. 165 s. ISBN 80-03-00036-X.
- [16] *Tapflo: Johnson Pump – CombiDirt* [online]. Brno: Tapflo, 2011 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://www.tapflopump.cz/cz/cz/pages/combidirt_2
- [17] *Vřetenová čerpadla s.r.o.: Čerpadla* [online]. Kralice na Hané: Vřetenová čerpadla, 2004 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.vcerpadla.cz/cerpadla/>

- [18] ČSN 75 6560. *Čerpací stanice odpadních vod na kanalizační síti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [19] ČSN EN 1671. *Venkovní tlakové systémy stokových sítí*. Praha: Český normalizační institut, c1998.
- [20] ČSN EN 12056–4. *Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy: Část 4: Čerpací stanice odpadních vod – Navrhování a výpočet*. Praha: Český normalizační institut, c2001.
- [21] ČSN EN 12050–1. *Čerpací stanice odpadních vod na vnitřní kanalizaci – Konstrukční zásady a zkoušení: Část 1: Čerpací stanice odpadních vod s fekáliemi*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, c2016.
- [22] ČSN EN 12050-4. *Čerpací stanice odpadních vod na vnitřní kanalizaci – Konstrukční zásady a zkoušení: Část 4: Zpětná armatura pro odpadní vody s fekáliemi i bez fekálií*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, c2016.
- [23] *Grundfos: Odpadní vody* [online]. Olomouc: Grundfos Sales Czechia and Slovakia [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://cz.grundfos.com/Produkty/find-product/čerpací-stanice-PUST.html>
- [24] *Sortiment: Hladina* [online]. Jičín: JSP [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.jsp.cz/hladina/>
- [25] New Solids Separation System Prevents Lift Station Blockages. *Water online* [online]. USA, 2007, 2007, 1 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://www.wateronline.com/doc/new-solids-separation-system-prevents-lift-st-0001>
- [26] KLUBERT a ADÁMEK. *Výkres čerpací stanice 3.1*. 2005.
- [27] *Obec Dolní Lhota oficiální stránky obce: Obec Dolní Lhota* [online]. Dolní Lhota, 2012 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://dolnilhota.com/>
- [28] POLÁŠEK, Jan a Pavel POLÁŠEK. *Dolní Lhota: Provozní řád kanalizace*. 2006.
- [29] *Velenov* [online]. Velenov: Velenov, c2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://new.venov.cz/>
- [30] *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, c2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/VyberKatastrMapa.aspx>
- [31] *Mapy* [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zemepisna?x=16.6828495&y=49.4245144&z=12&l=0>
- [32] POLÁŠEK, Jan a Vladimír OPPELT. *Provozní řád kanalizace*. 2013.
- [33] POLÁŠEK, Jan a Vladimír OPPELT. *Velenov – čerpací stanice ČS 9: Technická zpráva*. 2012.
- [34] POLÁŠEK, Jan a Vladimír OPPELT. *ČS 9 půdorys, řez A-A' - stavební část*. 2012.

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1. Vztah mezi výkonem motoru a nejkratší dobou chodu T [20]	22
Tab. 3.2. Doporučené vazby potrubí [8]	23
Tab. 3.3. Součinitelé ztrát místními odpory pro armatury a tvarovky [20].....	25
Tab. 4.1. Parametry ČS 3.1 [28].....	36
Tab. 4.2. Odpadní vody přitečené na ČS 3.1.....	37
Tab. 4.3. Stanovení objemů na ČS 3.1	37
Tab. 4.4. Čerpané množství $Q_{d-Pá} - Q_{d-Čt}$ v období 14.4.2017–20.4.2017	38
Tab. 4.5 Maximální denní čerpané množství	38
Tab. 4.6. Roční provozní náklady ČS 3.1	40
Tab. 4.7. Parametry čerpacího systému ČS 9 [32]	47
Tab. 4.8. Odpadní vody přitečené na ČS 9.....	48
Tab. 4.9. Stanovení objemů na ČS 9	48
Tab. 4.10. Přepočítané odpadní vody přitečené na ČS 9 a stanovení objem dle normy	49
Tab. 4.11. Roční provozní náklady ČS 9	51

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1. Čerpací stanice odpadních vod v kanalizační síti [12].....	11
Obr. 2.2. Pachový biofiltr komínový: 1 – odvodušňovací komínek, 2 – výměnná filtrační patrona, 3 – náplň filtru, 4 – podkladní plocha s těsněním, 5 – snímatelný klobouk, 6 – podkladní destička, 7 – přechod pro nasunutí do hrdla, 8 – vrtání d 17 mm [4].....	13
Obr. 2.3. Pachový biofiltr násuvný do potrubí: 1 – tělo filtru, 2 – filtrační náplň, 3 – dosedací a uzavírací plocha, 4 – hlavice [4].....	14
Obr. 2.4. Klínové šoupátko [13].....	15
Obr. 2.5. Šoupátko přírubové s měkkým těsněním [14]	15
Obr. 2.6. Šoupátka deskové [11]	16
Obr. 2.7. Zpětný kulový ventil [11]	16
Obr. 2.8. Schéma jednostupňového odstředivého čerpadla s přiváděčem (vlevo): 1 – spirální skříň, 2 – oběžné kolo, 3 – přiváděč, 4 – sací hrdlo [15], Odstředivé čerpadlo (vpravo) [16]	18
Obr. 2.9. Ponorné kalové čerpadlo [23]	18
Obr. 2.10. Vřetenové čerpadlo [17].....	19
Obr. 2.11. Fáze přítoku [12].....	20
Obr. 2.12. Fáze čerpání [12].....	20
Obr. 2.13. Fáze čištění separátoru od pevných částic [12].....	20
Obr. 3.1. Rozdělní hladin v ČS [23].....	21
Obr. 3.2. Obecný průběh charakteristik čerpadla [6]	26
Obr. 3.3. Grafické stanovení pracovního bodu čerpadla [6]	27
Obr. 3.4. Schéma překlápěcího plovákového spínače [24]	30
Obr. 4.1. Mapa umístění obcí [30]	31
Obr. 4.2. Zobrazení polohy ČS [31].....	32
Obr. 4.3. Výřez výkresu půdorysu a řezu ČS 3.1 [26]	33
Obr. 4.4. ČS 3.1 v obci Dolní Lhota [zdroj: Rössová].....	34
Obr. 4.5. Zobrazení česlicového koše v ČS 3.1 [zdroj: Rössová].....	34
Obr. 4.6. Zobrazení plovákového měřicího zařízení a výtlačného potrubí s vodícími tyčemi čerpadla v ČS 3.1 [zdroj: Rössová].....	34
Obr. 4.7. Hladinová sonda v ČS 3.1 [zdroj: Rössová]	36
Obr. 4.8. Rozvodná skříň na ČS 3.1 [zdroj: Rössová]	36
Obr. 4.9. Zobrazení polohy ČS [31].....	41
Obr. 4.10. ČS 9 v obci Velenov [zdroj: Rössová].....	42
Obr. 4.11. Výřez výkresu půdorysu a řezu ČS 9 [34]	43
Obr. 4.12. Vystrojení čerpacího systému se separací tuhých látek v ČS 9 [zdroj: Rössová]...	45
Obr. 4.13. Rozvodná skříň pro ČS 9 [zdroj: Rössová].....	46

Obr. 4.14. Odvětrání jímek ČS 9 v objektu s rozvodnou skříní [zdroj: Rössová]	46
Obr. 4.15. Čerpací systém se separací pevných látek EMUport [25]	46
Obr. 4.16. Průtokoměr na výtlačném potrubí v ČS 9 [zdroj: Rössová]	52
Obr. 4.17. Displej průtokoměru v ČS 9 [zdroj: Rössová]	52
Obr. 4.18. Vystrojení ČS 9 [zdroj: Rössová]	52
Obr. 4.19. Napojení čerpadla [zdroj: Rössová]	52

SEZNAM GRAFŮ

Graf 4.1. Průběh časového čerpání odpadní vody v ČS 3.1	39
Graf 4.2. Graf průběhu časového čerpání odpadní vody v ČS 9 v období 09.04.2017–10.04.2017	50
Graf 4.3. Graf průběhu časového čerpání odpadní vody v ČS 9 v období 11.04.2017–13.04.2017	50
Graf 4.4. Graf průběhu časového čerpání odpadní vody v ČS 9 v období 14.04.2017–15.04.2017	51

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČS...	čerpací stanice
ČOV...	čistírna odpadních vod
$Q_i...$	celkový přítok
$H_{tot}...$	celková dopravní výška [m]
$Q_p...$	čerpaný průtok v $[l \cdot s^{-1}]$
$H_p...$	dopravní výška [m]
$V_p...$	provozní objem $[m^3]$
$T...$	nejnižší doba chodu čerpadla [s]
$V_H...$	havarijní objem $[m^3]$
$Q_{24}...$	celkový průměrný denní přítok $[m^3 \cdot den^{-1}]$
$V...$	celkový objem $[m^3]$
$n...$	provozní otáčky $[min^{-1}]$
$\eta...$	účinnost
$\sigma...$	kavitační součinitel
$H_{geo}...$	hydrostatická výška (statický podíl dopravní výšky) [m]
$H_V...$	tlaková ztrátová výška (dynamický podíl dopravní výšky) [m]
$H_{V,A}...$	tlakové ztráty v armaturách a tvarovkách [m]
$H_{V,R}...$	tlakové ztráty třením v potrubí [m]
$v_i...$	průtočná rychlost v armaturách a tvarovkách $[m \cdot s^{-1}]$
$g...$	gravitační zrychlení $[m \cdot s^{-2}]$
$\xi...$	součinitel ztrát místními odpory [–]
$H_{V,j}...$	tlakové ztráty vztažené na délku potrubí [–]
$L_j...$	délka přímého potrubí [m]
$Y...$	měrná energie čerpadla $[J \cdot kg^{-1}]$
$P...$	příkon čerpadla [W]
$\rho...$	hustota kapaliny $[kg \cdot m^{-3}]$
$P_n...$	užitečný příkon čerpadla [W]
$\eta...$	účinnost čerpadla [–]
NSPH...	sací schopnost čerpacího systému
$\chi...$	odporový součinitel [–]
$H_g...$	geodetická dopravní výška [m]
$\delta...$	součinitel dle vzorce (15)
$H_0...$	závěrný bod čerpadla [m]

$H_j...$	dopravní výška v i-tém bodě [m]
$Q_j...$	průtok čerpadla v i-tém bodě [$l \cdot s^{-1}$]
DN...	jmenovitá světlost potrubí [mm]
$v...$	minimální průtočná rychlost ve výtlačném potrubí, má hodnotu 0,7 [$m \cdot s^{-1}$]
$d_1...$	vnitřní průměr potrubí [mm]
$Q_{min}...$	minimální průtok [$l \cdot s^{-1}$]
$D_s...$	kulovitý průchod [mm]
SD...	označení stokové sítě v obci
PVC...	polyvinylchlorid
C30/37...	třída betonu
PE	polyethylen
LT...	šedá litina
WC...	sociální zařízení (toaleta)
$q_{spec}...$	specifická spotřeba vody [$l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$]
$Q_{24,m}...$	odpadní vody z obce [$m^3 \cdot s^{-1}$]
$Q_{BAL}...$	balastní vody [$m^3 \cdot s^{-1}$]
$d...$	vnitřní průměr [m]
$h...$	výška hladiny [m]
$V_A...$	objem dle skutečných rozměrů [m^3]
$V_B...$	objem dle normy [m^3]
TLT...	tvárná litina
$Q_d...$	denní průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]
ČSN...	Česká státní norma
EN...	Evropská norma
Kč...	koruna české
ČS 3.1...	označení čerpací stanice v obci Dolní Lhota
ČS 9...	označení čerpací stanice v obci Velenov

SUMMARY

In the theoretical part is a description of the pumping station and parts from which it is constructed and the machinery. The procedure for calculating the volume of the pumping station, its parts and how the level of the waste water level is divided in the pumping station are described. Pump and pump design procedure at pumping station.

The aim of the bachelor thesis are to assess the volumes of the existing operating pumping stations, their operation, the pumped amount of waste water and the operating costs associated with the operation of individual filling stations in the municipalities Dolní Lhota and Velenov.

The assessment of the volumes of the pumping stations consists in verifying the volumes according to the dimensions stated in the design documentation of the given pumping stations and the calculated volumes according to the valid and current standards dealing with the design of the pumping stations.

Determination of daily water consumption for given municipalities from time series of measured pumped quantity.

The operating costs of pumping stations have been quantified for annual operation. The determination consisted of calculating the power consumption required for the operation of the pump. Other operating costs are the annual wage of the operator, the price associated with the maintenance of the pumping station and the rate for the disposal of the scraps at the pumping station in Dolní Lhota.

Operation at pumping stations is different due to their construction solution. There are differences between operating a pumping station where the pumps are mounted in a wet sump and where the pumps are mounted in a dry sump.